

# Die Regulirung der Donau von Fischamend bis Hainburg.

Von *Martin Riemer*,

k. k. Rath und Inspector der k. k. General-Inspection der österreichischen Eisenbahnen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt E im Texte.)

In dem Aufsatz vom 7. Mai d. J. wurde mit Bezug auf den am 29. März v. J. im österr. Ingenieur-Verein gehaltenen Vortrag die Donau-Regulirung nächst Wien, gestützt auf die in der Stromkarte des Herrn Ministerial-Rathes Ritter von Pasetti enthaltenen Daten, einer näheren Erörterung unterzogen, und ein Regulirungs-Project dargestellt, welches den in dem erwähnten Vortrage aufgestellten Grundsätzen entspricht, zugleich aber auch die wirklichen Bedürfnisse für den Verkehr der Residenz berücksichtigt, und an die jetzigen Strom- und Local-Verhältnisse nach Möglichkeit sich anschliesst, um die Ausführung auf die sparsamste und zugleich sicherste Weise bewirken zu können.

In gleicher Weise soll in dem vorliegenden Aufsatz der weitere Theil der Donau-Regulirung von Fischamend bis Hainburg gründlich erörtert, und ein Project aufgestellt werden, nach welchem diese Arbeit rationell, und doch so öconomisch als möglich durchgeführt werden kann; nebst dem aber sollen noch einige allgemeine Bemerkungen über die gesammte Regulirung beigefügt werden.

Was den Anschluss dieser beiden Theile der ganzen Regulirung betrifft, so ist es bei der genauen Erwägung der von Fischamend abwärts liegenden Strom-Verhältnisse vortheilhafter erschienen, das letzte Stück der geraden Linie des oberen Haupt-Durchstiches in einen Bogen von  $2\frac{1}{2}$  Meilen Radius umzuändern, und die Vereinigung des Wiener Donaucanals der proponirten Richtung entsprechend abwärts zu verlegen, wodurch lediglich nur die mit dieser Anlage beabsichtigten Vortheile für Wien erhöht, sonst aber keine Aenderungen des Systems herbeigeführt werden.

Hiedurch fällt die Richtung des Hauptdurchstiches an seinem Ende in den Stromstrich des alten Bettes zwischen Fischamend und Schönau, und es ist nur nothwendig, vor der Eröffnung des Durchstiches den vorspringenden letzten Theil des Uferschutzwerkes an der Insel Schüttel nach der Regulirungs Linie abzunehmen, und am linken Ufer durch einen an den unteren Theil des Schönauer-Haufens angebundenen Einbau die künftige Strombettweite zu fixiren.

Hiernach kann das weitere Strombett ohne wesentliche Aenderung bis zu der Krümmung an der Obenau benützt werden, und ist nur dasselbe durch Einbaue in angemessenen Distanzen auf die projectirte Normal-Breite von 120 Klaftern zu beschränken, um die Anlegung von Sandbänken im Bette selbst zu hindern und eine gleichmässige Stromtiefe zu erreichen, zugleich aber die Versandung der ausser die neue Uferlinie fallenden zu breiten Stellen zu bewirken, und dadurch neues Uferland zu gewinnen.

Als Normal-Linie des linken Ufers für diese Strecke wurde die Tangente der Uferwerke am Rohrhaufen und an der Obenau angenommen, weil schon gegenwärtig der Stromstrich von dieser Richtung nur wenig abweicht, und durch die besprochene Einengung sehr leicht ganz diese Richtung

annehmen wird, ohne weiterer kostspieliger Uferdeckwerke zu bedürfen.

Der Schutzdamm am rechten Ufer zur Verhinderung der Seitenströmungen bei Hochwässern wäre aber, um diesem Zwecke zu entsprechen, oberhalb Fischamend an den Vorsprung der Berglehne anzuschliessen, von da gegen den Auslauf des Wiener Donaucanals, und mit diesem parallel bis in die Richtung des jenseits des Wiener Donaucanals endenden Dammes, und von hier ohne Unterbrechung bis in die Nähe von Kroatisch-Haslau zu führen, und erst dort vor dem Anschlusse an die Berglehne zu unterbrechen, um den Fischabach in die Donau führen zu können.

Dieser Bach müsste daher von Fischamend bis Haslau längs der Berglehne geführt werden, was mit Benützung der alten Donauarme sehr leicht möglich ist.

Der wesentliche Vorthail dieser Anlage, ausser der Nothwendigkeit für die Reinhaltung des Donaubettes selbst, würde darin bestehen, dass die jetzigen Inseln bei Fischamend von der Ueberfluthung ganz befreit, und nur einer Ueberschwemmung durch Rückstau bei sehr grossen Hochwässern ausgesetzt werden, wodurch, so wie auch durch Bewässerung aus dem Fischabache, dieselben angeschwemmt, und einer weit höheren und einträglicheren Cultur fähig würden.

Am linken Ufer ist der Ueberschwemmungs-Schutzdamm als directe und ununterbrochene Verlängerung des oberen, parallel mit jenem am rechten Ufer, und in einer Entfernung von 400 Klaftern von diesem zu führen; auf dem Vorlande aber sind die Auen abzustocken, die alten Flussbettstellen zwischen den Einbauen mittelst Anpflanzungen zu verlanden, wodurch ebenfalls eine grosse Fläche für künftige bessere Cultur gewonnen wird, das hinter dem Damme liegende Land aber gegen jede Ueberfluthung geschützt, einen weit höheren Werth erhält.

In der Verlängerung der die Uferwerke am Rohrhaufen und an der Obenau tangirenden Geraden ist die Serpentine zwischen Haslau und Rägelsbrunn mit einem Durchstiche abzubauen, zugleich aber in der weiteren Verlängerung dieser Geraden und nach dem bei Rägelsbrunn anschliessenden Bogen von  $1\frac{1}{4}$  Meile Radius das linke Ufer abzunehmen, wovon das Materiale für den linkseitigen Schutzdamm verwendet werden kann, und der Fluss vom rechten Ufer, wo er bei Hochwässern die Berglehne angreift, die oberen Gründe zerstört, und durch Schotterbänke das Bett verwildert, durch Einbaue bis auf die normale Breite wegzudrängen, so dass das neue Bett mit dem alten erst beim Abdecker unterhalb Wilfingsmauer tangirend zusammenfällt.

Nach Herstellung des Durchstiches und Verbauung der Serpentine wird sich sowohl hier als weiter unterhalb zwischen den Einbauen das alte Bett bald verlanden, was durch zweckmässige Bepflanzungen noch befördert werden kann, und ist diess so weit erreicht, dass bei kleinem Wasser die meisten Stellen trocken sind, so wäre am linken Ufer der Schutzdamm als ununterbrochene Verlängerung des obern vollständig zu schliessen, am rechten Ufer aber zur Verhinderung jeder Seitenströmung einzelne Dammstücke in geeigneten Distanzen von der Lehne bis an die projectirte Schutzdammlinie herzustellen, wodurch nebst einer Ersparniss an Arbeit

zugleich der Vortheil erreicht wird, dass durch die austretenden Hochwässer die Zwischenstücke angeschwemmt, mehr und mehr erhöht, und so nach längerer Zeit zu einer einträglicheren Cultur geeignet werden.

Auf dem Vorlande bis zur Schutzdammlinie sind die Auen gänzlich zu beseitigen, hinter dieser Linie aber zu belassen, und in der Linie selbst, besonders aber um die Köpfe der die Seitenströmung hindernden Dammstücke, möglich dicht zu halten.

Von der letzten Vereinigung des alten und neuen Bettes beim Abdecker unterhalb Wilflingsmauer bis zu der Stelle am Stein bei Deutsch-Altenburg ist ein Durchstich, dessen Anfang noch in dem erwähnten Bogen von  $1\frac{1}{4}$  Meilen Radius, die weitere Fortsetzung aber in einer geraden Linie liegt, ganz unvermeidlich, da hier die grösste Verwilderung des Bettes stattgefunden hat, und eine Einengung des jetzigen Bettes weit kostspieligere Bauten, und in Folge der scharfen Strömungen für alle Zeiten einen weit grösseren Erhaltungsaufwand, als der Durchstich selbst erfordern, und dennoch dem Hauptzwecke nur mangelhaft entsprechen würde.

Wenn auch am linkseitigen Ufer ein Theil des Landes für den Durchstich in Anspruch genommen wird, so ist es doch nur ein durch Seitenarme zerrissener Au grund von sehr geringem Werthe, während der weitere seinerzeit durch den Schutzdamm vor Ueberschwemmung gesicherte Grund einen ungleich höheren Werth erhält, und am künftigen rechten Ufer eine bei weitem ausgedehntere, gegenwärtig fast ganz verlorene Fläche einer künftigen ergiebigen Cultur zugeführt wird.

Der Aushub des Durchstiches ist am linken Ufer zur vollständigen Herstellung des Schutzdammes zu verwenden; ebenso ist mit diesem Aushube der Schutzdamm am rechten Ufer so weit, als es an beiden Enden thunlich, herzustellen. Nach der Eröffnung des Durchstiches ist das alte Bett theilweise abzuschliessen, und erst wenn dasselbe sich nach Verlauf einiger Hochwässer so weit verschottert hat, um als Basis einer künftigen zu cultivirenden Fläche zu dienen, ist der Schutzdamm oben bis an die Hochlehne beim Abdecker ganz zu schliessen, unten aber bei Deutsch-Altenburg eine Oeffnung zu lassen.

Diese Oeffnung im Schutzdamme und Vorlande dient bei gewöhnlichem Wasserstande dazu, das Sicker- und Sammelwasser der abgedämmten Fläche auszuleiten und das unterste Stück des alten Bettes beim Orte Deutsch-Altenburg als eine Art Hafen benützen zu können; bei Hochwässern aber, um das Stauwasser einzulassen und durch Ablagerung des Schlammes eine successive Erhöhung der ganzen Fläche und Gewinnung eines fruchtbaren Bodens für die seinerzeitige Cultivirung derselben zu bewirken.

Von Stein bei Deutsch-Altenburg abwärts bis zur Felsenecke unterhalb Hainburg ist tangential mit der obern Geraden ein Bogen von  $1\frac{1}{4}$  Meilen Radius anzuschliessen und in dieser Richtung ein Durchstich durch die Schotterbänke nothwendig, dessen rechtes Ufer die Felsenecke unterhalb Hainburg berührt. Unterhalb derselben ist in einem tangential anzuschliessenden Contra-Bogen von 1200 Klaftern Radius ein Durchstich durch die Schotterbank bis unterhalb der

Einmündung der March bei Theben zu führen. Zur Fixirung der neuen Uferlinien sind von der Hainburgerseite einige Einbaue und ebensolche unterhalb Hainburg vom linken Ufer aus nothwendig; insbesondere ist aber vor der Einmündung der March ein solcher starker, zugleich als Separationswerk dienender Einbau auszuführen.

Zur Verhinderung der Seitenströmungen ist am linken Ufer der Schutzdamm ununterbrochen bis an die March fortzusetzen, wozu das aus dem Durchstiche gewonnene Materiale zu verwenden ist. Am rechten Ufer dagegen können statt eines continuirlichen Schutzdammes auf den Einbauten erhöhte Dämme bis zur Schutzdammlinie aufgeführt werden, wodurch gestattet ist, dass sich das alte Bett oberhalb und nächst Hainburg schneller verlandet und culturfähig wird, was durch entsprechende Bepflanzung der Räume zwischen den einzelnen Querdämmen noch mehr begünstigt werden wird.

Unterhalb der Felsenecke ist aber noch ein Stück Schutzdamm bis an den Auslauf des höheren Terrains herzustellen, um das zu plötzliche Ausbreiten des Hochwassers zu verhindern, welches jederzeit die Anlegung von Schotterbänken zur Folge haben würde.

Der Hauptzweck dieser Regulirung von Deutsch-Altenburg bis Theben ist, die Anlegung von Schotterbänken in dieser ohnehin ein geringeres Gefälle enthaltenden Strecke, welche einen ungünstigen Einfluss auf den Fortbestand und die erspriesslichen Wirkungen der oberen Regulirung nehmen würde, zu beseitigen, und die Kraft der Stromes zur Fortführung des Schotters, so wie auch des Eises, zusammenzuhalten, bis derselbe unterhalb Theben in ein Gebiet eintritt, welches links von steilen Gebirgen, rechts aber von der Anhöhe bis Wolfsthal, und weiter hinab von dem Strassen- und Schutzdamme begrenzt ist, welche eine grosse Ausbreitung des Hochwassers ohnehin nicht gestatten, und bei Pressburg nur ein, den obigen Regulirungsprofilen ziemlich ähnliches Abfluss-Profil übrig lassen.

Der bei diesen gesammten Arbeiten einzuhaltende Vorgang ist grösstentheils schon bei den einzelnen Strecken bezeichnet, und im Allgemeinen nur beizufügen, dass die Aushebung und Eröffnung der Durchstiche der Reihe nach von unten nach oben, die gänzliche Schliessung der alten Bette und der Schutzdämme aber der Reihe nach von oben nach unten vorzunehmen ist, um das von oben kommende Materiale zur Verlandung der untern Stellen möglichst benützen zu können.

Betrachtet man übersichtlich die ganze in dem früheren und in diesem Aufsatz behandelte Regulirung der Donau von Nussdorf bis Theben, so wird es sogleich auffallen, dass diese Regulirungslinie eine continuirliche, nur durch zwei eingeschaltete Geraden unterbrochene Krümmung nach links ohne Contra-Bogen von Nussdorf bis zur Hainburger Felsenecke bildet, und dort erst sich ein zur Leitung in der Richtung nach Pressburg nothwendiger Contra-Bogen anschliesst, und es dürfte keinem Zweifel unterliegen, dass eine solche Linie als die natürlich reguläre Richtung des Flusses unter den gegebenen Local-Verhältnissen angesehen werden kann.

Es wurde auch bei dem Entwurfe, nebst dem Bestreben, die vorhandenen fixen Punkte des alten Bettes möglichst vor-

theilhaft zu benützen, absichtlich die Einschaltung von Contra-Bögen zu vermeiden getrachtet, weil dieselben, wenn auch noch so flache Bögen, stets ein Verwerfen des Stromstriches von einem Ufer zum andern nach der Diagonale zur Folge haben, daher in einem schärferen Winkel, als dem Bogen selbst entsprechen würde, das Ufer angreifen, und grössere Erhaltungsauslagen der dortigen Schutzwerke erfordern, ja selbst in ihren Folgen weiter reichende Zerstörungen anrichten können.

Es wäre selbst die Einschaltung der beiden Geraden vermieden, und ein continuirlicher Bogen (wenn auch mit verschiedenen Radien) construirt worden, um den Stromstrich desto sicherer nur am rechten Ufer zu behalten, wenn nicht bei der ersten Geraden zwischen Fischamend und Rägelsbrunn der Vorsprung bei Kroat.-Haslau die Führung eines Bogens verhindert, und bei der zweiten Geraden zwischen Wilflingsmauer und Deutsch-Altenburg die Rücksicht auf den weiteren günstigen Anschluss bei Theben eine Abweichung von dieser Geraden gestattet hätte.

Bei der beantragten entsprechenden Beschränkung des Bettes ist ein Verwerfen des Stromstriches von einem Ufer zum andern selbst in den Geraden nicht zu befürchten, weil bei Hochwässern kein überflüssiger Raum hiezu vorhanden ist und die niederen Wässer in dem von den Hochwässern vertieften Bette fortgehen.

Die nach dieser Linie durchgeführte Regulirung wird daher an Versicherungsbauten und an Erhaltungskosten derselben den geringsten Aufwand erfordern, mithin jedenfalls die wohlfeilste sein, und zugleich dem Zwecke am vollkommensten entsprechen.

Die beantragten Profil-Breiten finden ihre practische Rechtfertigung an den jetzigen Stromverhältnissen.

Bei Nussdorf ist vor der Abtrennung des Wiener Donaucanales zwischen dem Nussdorfer-Ufer und den gegenüberstehenden Werken für die gewöhnlichen Wässer eine Breite von kaum 100 Klaftern, ebenso ist an der grossen Brücke, welche zwar über 200 Klafter lang ist, mehr als die Hälfte durch den Brückenhafen verlegt, und daher nur eine Breite von kaum 100 Klaftern übrig. Berücksichtigt man, dass zwischen diesen beiden Profilen eine scharfe Krümmung liegt, und die Joche der beiden Brücken auch ein Hinderniss des freien Abflusses bilden, so geht daraus hervor, dass eine Breite von 100 Klaftern bei einem regulären, und von jedem Hindernisse freien Bette, einen noch günstigeren Abfluss der gewöhnlichen Wässer, als der gegenwärtige Zustand gewähren müsse, und dass daher diese Profils-Breite für das regulirte Flussbett vollkommen genügend ist. In gleicher Weise ist für die Strecke von Fischamend abwärts die Breite von 120 Klaftern vollkommen genügend.

Ein weiterer Beweis für die Zweckmässigkeit der Beschränkung des eigentlichen Flussbettes auf diese Breiten liegt auch darin, dass an allen Stellen, wo eine grössere Breite vorhanden ist, selbst zwischen beiderseitigen Uferwerken, Schotterbänke sich anlegen, welche den Ueberschuss der Breite in Anspruch nehmen, oder die Sohle, welche im Durchschnitt 18, an vielen Stellen aber 25 Fuss unter 0 liegt, sich auf 10 bis 6½ Fuss unter 0 erhebt, und für die

Schiffahrt bei kleinem Wasser wesentliche Hindernisse bildet, deren Beseitigung nur allein durch die beantragte Beschränkung und zweckmässige Richtung des Flussbettes möglich ist.

Die Breite des Ueberschwemmungs-Profiles zwischen den Schutzdämmen wurde von Nussdorf bis Fischamend mit 300 Klafter, unterhalb Fischamend mit 400 Klafter angenommen. Diese Annahme ist übereinstimmend oben mit der Breite zwischen Nussdorf und den Hubert'schen Dämmen an der schwarzen Lacke, und unten mit der Breite zwischen Theben und dem gegenüberliegenden mit Gehäng bezeichneten erhöhten Thalgrunde bei Hainburg, durch welche Profile die bekannten grössten Hochwässer ihren Abfluss fanden; wobei aber nicht zu übersehen ist, dass dieser Abfluss durch die Unregelmässigkeit des Flussbettes, durch die auf dem Vorlande und Inseln befindlichen Auen, und durch die Brücken bei Floridsdorf wesentlich erschwert wurde. Um so mehr werden daher diese Breiten zur unschädlichen Abfuhr der Hochwässer längs des regulirten Bettes ausreichen.

Wenn auch gegenwärtig im Nordbahndamme eine summarisch grössere Durchflussweite besteht, so ist nicht zu übersehen, dass ein Theil dieser Oeffnungen durch den vorstehenden Strassendamm und die dahinterstehenden Auen in seiner Wirksamkeit sehr beeinträchtigt, und beim Anlegen von Eis oder andern schwimmenden Körpern fast gänzlich unwirksam wird.

Was aber insbesondere das Hochwasser vom Jahre 1830 betrifft, durch welches noch die Orte Leopoldau und Jedlersdorf überschwemmt wurden, so hat dasselbe in dieser Gegend und in Wien vorzugsweise dadurch eine solche besondere Höhe erreicht, weil der schon im Gange befindliche Eisstoss sich zwischen Kaiser-Ebersdorf und Gross-Enzersdorf an den Krümmungen und Auen feststellte, den Wasserabfluss hemmte, und die erste Ueberfluthung durch Rückstau entstand, was in Wien deutlich sichtbar war, indem in den Gassen der Leopoldstadt und Rossau anfänglich das Wasser aufwärts lief, und erst dann wieder in eine Strömung nach abwärts überging, als die Dämme in der Brigittenau und beim Augarten durchbrochen waren, und es musste fast das ganze Wasser theils durch die Vorstädte, theils über das Marchfeld abströmen, weil die grosse Donau und die Nebenarme gegen Gross-Enzersdorf zu fast ganz mit Eis verlegt waren. Ein solcher Fall kann aber in einem regulirten Bette nicht eintreten, wie weiter unten die Darstellung über die Bildung und den Verlauf der Eisgänge zeigen wird.

Unterzieht man die Gefällsverhältnisse nach den in der Stromkarte des Herrn Ministerial-Rathes Ritter von Pasetti angegebenen Daten einer genauen Erörterung, so ergibt sich zu Gunsten der beantragten Regulirung Folgendes:

Das Gefälle oberhalb des Profiles bei der Ueberfuhrstelle zwischen Nussdorf und Jedlersee beträgt 2" 4''' auf 100 Klafter. Von da bis zur Scherspitzze

auf 380 Klafter Länge 2" 0''' , dann weiter

" 170 " " 3" 4'''

" 370 " " 3" 7''' bis zum Profile an der Mündung des Kaiserwassers, ziemlich nahe am Anfange des beantragten Durchstiches.

Die weiteren Gefälle des alten Flussbettes sind:

auf 520 Kft.	Länge 2" 6"	daher Fall 13" 0"
" 210 "	" 2" 5"	" " 5" 1"
" 970 "	" 3" 4"	" " 32" 4"
" 650 "	" 3" 9"	" " 24" 4"
" 330 "	" 2" 3"	" " 7" 5"
" 1050 "	" 1" 2"	" " 12" 3"
" 860 "	" 2" 7"	" " 22" 2"

zus. 4590 Klafter, mit einem Falle von . . . 116" 7".

Der Durchstich in dieser Strecke erhält aber eine Länge von 3960 Klaftern, folglich entfällt ein Durchschnittsgefälle von 2" 11 $\frac{1}{3}$ " oder nahe 3" auf 100 Klafter.

Die weitere Strecke enthält

auf 1200 Kft.	Länge 3" 9"	daher Fall 45" 0"
" 550 "	" 3" 4"	" " 18" 4"
" 650 "	" 3" 7"	" " 23" 4"
" 620 "	" 3" 8"	" " 22" 9"
" 630 "	" 4" 1"	" " 25" 9"
" 620 "	" 3" 8"	" " 22" 9"
" 650 "	" 3" 7"	" " 23" 4"
" 770 "	" 4" 6"	" " 34" 8"
" 660 "	" 5" 4"	" " 35" 2"
" 470 "	" 3" 6"	" " 16" 5"
" 920 "	" 4" 4"	" " 39" 10"

bis zum Schönerhaufen

zus. 7740 Klafter, mit einem Falle von . . . 307" 4".

Der Durchstich in dieser Strecke enthält eine Länge von 7390 Klaftern, daher entfällt ein Durchschnittsgefälle von 4" 2" auf 100 Klafter.

Da aber das Gefälle im ganzen Durchstiche sich ausgleichen wird, so entfallen auf die gesammte Durchstichlänge von 3690 Klaftern, mit einem Falle von 116" 7"

und 7390	"	"	"	"	307" 4"
zusammen 11080	"	"	"	"	423" 11"

ein Durchschnittsgefälle von 3" 10" auf 100 Klafter. Es ist daher um so weniger zu zweifeln, dass die beantragten Flussbett- und Ueberschwemmungsprofile vollkommen genügend sind, nachdem an das ziemlich ähnliche Flussbettprofil an der Ueberfuhr von Nussdorf nach Jedlersee sich ein Gefälle von nur 2" per 100 Klafter und an jenes bei der grossen Brücke ein Gefälle von nur 2" 5" anschliesst, daher die beantragten Profile mit einem Gefälle von 3" 10" bei weitem günstiger erscheinen.

In gleicher Weise günstiger stellen sich auch die Gefällsberechnungen abwärts von Fischamend und zwar vom Schönerhaufen

auf 840 Kft.	Länge 3" 8"	daher Fall 30" 10"
" 800 "	" 3" 2"	" " 25" 4"
" 780 "	" 3" 7"	" " 28" 0"
" 620 "	" 4" 2"	" " 25" 10"
" 980 "	" 4" 8"	" " 45" 9"

bis Kroatisch-Haslau

zus. 4020 Klafter, mit einem Falle von . . . 115" 9".

Nach Abbau der Krümmungen erhält das künftige Bett eine Länge von 4000 Klafter, daher durchschnittliches Gefälle von 3" 10 $\frac{1}{4}$ ".

Von Haslau bis Rägelsbrunn in der Serpentine				
auf 600 Kft.	Länge 4" 10"	daher Fall 29" 0"		
" 1230 "	" 5" 4"	" " 65" 7"		
" 400 "	" 4" 2"	" " 16" 8"		
" 630 "	" 3" 8"	" " 23" 0"		

zus 2860 Klafter, mit einem Falle von . . . 134" 3".

Der Durchstich erhält aber nur eine Länge von 2480 Klafter, daher entfällt ein Durchschnittsgefälle von 5" 5" auf 100 Klafter.

Weiters von Rägelsbrunn

auf 1180 Kft.	Länge 3" 6"	daher Fall 41" 4"
" 1180 "	" 3" 10"	" " 45" 3"

bis zur Ueberfuhr bei Wilflingsmauer

zus. 2360 Klafter, mit einem Falle von . . . 86" 7", und bei gleicher Länge im Durchschnitte 3" 8" auf 100 Klafter.

Es ist aber mit Sicherheit zu erwarten, dass sich bald nach Eröffnung des Durchstiches das neue Bett bei Haslau vertiefen und das Gefälle der letzten 3 Stücke, welche meist in der geraden Linie liegen, ausgleichen werde, wornach

4000 Kft.	Länge mit einem Falle von 155" 9"
2480 "	" " " " " 134" 3"
und 2360 "	" " " " " 86" 7"

zus. 8840 Klafter, mit einem Falle von . . . 376" 7" ein Durchschnittsgefälle von 4" 3" ergeben.

Weiters entfallen

auf 890 Kft.	Länge 4" 0"	daher Fall 35" 7"
" 500 "	" 4" 2"	" " 20" 10"
" 500 "	" 4" 4"	" " 21" 8"
" 500 "	" 5" 2"	" " 25" 10"
" 500 "	" 4" 3"	" " 21" 3"
und vom Stein abwärts		
" 400 "	" 3" 2"	" " 12" 8"

zus. 3290 Klafter, mit einem Falle von . . . 137" 10"

bei der Durchstichlänge von 3130 Klaftern ein Durchschnittsgefälle von 4" 5" auf 100 Klafter ziemlich gleich mit jenem der Strecke von Fischamend bis Wilflingsmauer.

Nach mehreren Hochwässern wird aber in dem Schottergrunde die Ausgleichen des Gefälles noch weiter greifen. Wird nun auch der obere Hauptdurchstich mit einbezogen, so entfielen 11080 Kft. Länge, mit einem Falle von 423" 11"

8840 "	"	"	"	"	376" 7"
und 3130 "	"	"	"	"	137" 10"

zusammen 23050 Klafter, mit einem Falle von . . . 938" 4" und ein durchschnittliches Gefälle von 4" 1" auf 100 Klafter.

Hiernach würde an dem Ausflusse des Wiener Donaucanals bei Fischamend der Fall betragen

11080 Klafter Länge mit 4" 1" . . . 452" 5"  
daher gegen den obigen von . . . 423" 11"

mehr um . . . . . 28" 6",  
um welche Differenz dort eine Vertiefung gegen den jetzigen Zustand eintreten würde.

Wenn auch in der Praxis eine so vollkommene Ausgleichen nicht eintreten wird, so ist doch auf eine successive

Vertiefung von nahe 2 Fuss nach längerer Zeit zu rechnen, welche dem Gefälle des Wiener Donaucanals zu Gute kommt und vollkommen ausreichen wird, um auch dann, wenn sich das alte Bett der grossen Donau von Kaiser-Ebersdorf bis Fischamend durch Anschlemmungen nach und nach verengen sollte, die in dem frühern Aufsätze erörterten günstigen Folgen der Regulirung in Bezug auf die Reinhaltung des Wiener Donaucanals und die Abführung der Hochwässer in demselben auch für künftige Zeiten ungeschmälert zu erhalten.

Für die letzte Strecke von Stein bei Deutsch-Altenburg bis zur Einmündung der March bei Theben entfallen

auf 1100 Klft.	Länge 3" 0"	daher Fall 33" 0"
" 390 "	" 2" 9"	" 10" 9"
" 1630 "	" 2" 3"	" 36" 9"
zus. 3120 Klafter, mit einem Falle von .. 80" 6",		

und bei der Durchstichlänge von 2860 Klaftern, ein durchschnittliches Gefälle von 2" 10" auf 100 Klafter.

Dieses geringere Gefälle gegen das durchschnittliche der ganzen oberen Strecke würde allerdings nach und nach einen ungünstigen Einfluss auf die obere Strecke ausüben, wenn dasselbe nicht dadurch ausgeglichen würde, dass der Strom sich in der untern Strecke bei Wolfsthal mehr ausdehnen kann, und daher die Geschwindigkeit des Abflusses der Hochwässer durch das geringere Gefälle nicht beeinträchtigt wird, wie es auch jetzt nach den Cotirungen der Stromkarte der Fall ist.

Aus diesen Gefällsberechnungen dürfte genügend hervorgehen, dass der Erfolg der Regulirung bezüglich der unschädlichen Ableitung der Hochwässer ganz zweifellos günstig sein muss. Was noch überdiess die Verhältnisse bei Eisgängen betrifft, so wird die folgende Erläuterung den zu erwartenden günstigen Erfolg der Regulirung klar machen.

Die Eisgänge entstehen dadurch, dass bei mittlerem oder meist kleinem Wasserstande die seichten Uferränder frieren; an diese Eisflächen wird das sogenannte Roheis, eine mehr schneeartige, schwimmende Eismasse verschiedener Grösse angetragen. Dieses setzt sich bei grösserer Kälte besonders in Krümmungen und seichten Stellen sehr schnell fest, und bildet so nach und nach über den ganzen Fluss eine Eisdecke, Eisstoss genannt, welche sich nach aufwärts durch Ansetzen des Roheises vergrössert.

Durch untergeschobenes Roheis nimmt diese Eisdecke zuweilen auch in der Dicke derart zu, dass sie an seichten Stellen die Sohle des Flussbettes erreicht und sogenanntes Grundeis bildet, welches sich sehr fest ansetzt und den Wasserabfluss gänzlich hemmt, daher schon in diesem Falle ein Anschwellen des Wassers in der nächst oberen Gegend stattfindet.

Die Basis der Bildung eines solchen Eisstosses ist immer eine seichtere Stelle mit Krümmungen und Sandbänken, oder das ruhigere Wasser oberhalb einer ungewöhnlichen Verengung des Flusses.

Tritt nun im Frühjahr Thauwetter und mit diesem ein höherer Wasserstand ein, so wird die Eisdecke gehoben und von ihren Stützpunkten am Ufer getrennt. Ist das Eis nicht

sehr dick, so bricht es hiebei in Stücke und setzt sich mit dem Wasser in Bewegung. Tritt nun dieses Loslösen und Fortgehen an den untern Stellen des Flusses früher, an den obern später ein, so geht der Eisstoss meist ganz unschädlich partienweise ab, und überschwemmt oder beschädigt höchstens nur die nächst anliegenden tieferen Gründe und die Uferwerke in scharfen Krümmungen.

Ist aber der Eisstoss in seinem Abgehen durch Inseln und Krümmungen gehindert, besonders wenn sich Grundeis angesetzt hat, oder tritt das Thauwetter in den obern Flussgegenden früher und heftiger ein, als in den untern, dann löst sich der Eisstoss in den obern Gegenden früher, und trifft bei seinem Fortschreiten den in der untern Gegend noch feststehenden. In diesem Falle werden die Eismassen im Flussbette in einander geschoben, sperren den ganzen Wasserabfluss und drängen das Wasser in das anliegende flache Land, und diess so lange, bis entweder die Aufstauung so hoch wird, dass der Druck des Wassers ausreicht, die in einander geschobenen Eismassen in Bewegung zu setzen, oder bis durch das in den Zwischenräumen durchziehende Wasser die Eisklumpen mürbe gemacht werden und brechen. Diess ist jetzt in der Donau um so mehr der Fall, als das flache Land und die Inseln mit Auen bewachsen sind, daher wohl das Wasser, aber kein Eis durchlassen, und sich dieses lediglich im eigentlichen Bette anhäuft.

Daher geschieht es, dass bei Eisgängen an manchen Stellen ganz ungeheure Wasserstände eintreten, und dass die Ueberschwemmungen durch Eisgänge oft viele Tage andauern, und dort, wo das Wasser den Ausweg nimmt, furchtbare Verwüstungen anrichten.

Wiederholt sich dieses Anhäufen des Eises an mehreren Punkten während des Abganges, so kommt dann auf einmal eine solche Masse von Eis, dass selbst an solchen Stellen, von denen der Eisstoss bereits abgegangen ist, welche aber durch Krümmungen, Inseln, Schotterbänke oder Brücken Störungen des Fortganges bieten, sich die Eismassen stopfen, und unvermuthet hohe Ueberschwemmungen bewirken.

Ein solcher combinirter Fall war die Ueberschwemmung im Jahre 1830, bei welcher am 28. Februar der Eisstoss nächst Wien bereits in günstiger Bewegung war, und das nur etwas ausgetretene Wasser des Wiener Donaucanals zu fallen begann, während in der Nacht durch nachgekommenes Eis plötzlich nächst dem Lusthause eine Stockung eintrat, das Wasser gestaut wurde, und so den Ausbruch theils über das Marchfeld, theils mit Durchbrechung der Dämme in der Brigittenau und dem Augarten durch die Rossau und Leopoldstadt nahm.

Betrachtet man nun das regulirte Bett nach dem vorliegenden Antrage, so fallen in demselben alle jene Hindernisse hinweg, welche nach der obigen Erörterung Veranlassung zur Bildung des Eisstosses, des Grundeises und zur Stockung beim Abgehen des Eisstosses geben.

Nachdem das Wasser im ganzen Bette mit einer ziemlich gleichen Geschwindigkeit abfließt, im Stromstriche eine ziemlich gleiche Wassertiefe, und nirgends vorspringende Uferstellen oder Inseln vorhanden sind, an denen das Roheis

sich anlegen könnte, so wird sich in einem solchen Bette gewöhnlich nur Randeis bilden.

Wenn sich auch schon in sehr strengen Wintern und bei sehr niedrigem Wasserstande ein Eisstoss bildet, so ist doch die Wassertiefe hinreichend, um die Bildung von Grundeis zu verhindern. Sobald aber in Folge von Thauwetter ein höherer Wasserstand eintritt, so wird ein solcher Eisstoss sehr leicht gehoben und gebrochen, und geht selbst bei einem mittleren Wasserstande in dem regulären Bette leicht fort.

Kommen aber grössere Eismassen von oben nachgeschoben, so ist diess immer auch mit einem bedeutend höheren Wasserstande verbunden, bei welchem sich der Wasserspiegel über die ganze Fläche zwischen den beiden Schutzdämmen ausdehnt. In der Richtung des Flussbettes selbst wird die Geschwindigkeit des Wassers am grössten sein. Alle schwimmenden Körper wenden sich aber immer dem ruhigeren Wasser zu, und da auf dem Vorlande keine Hindernisse durch Auen und dergleichen bestehen, so werden die Eismassen zum grossen Theile auf das Vorland hinausgeschoben werden. Hierdurch wird die Masse des Eises im Flussbette vermindert, und das dort mit grösserer Geschwindigkeit abfliessende Wasser ist im Stande die mitziehende Eismasse ohne alle Schwierigkeit und Stockung fortzubringen.

Selbst auch in dem Falle einer Stockung wird der Wasserstand auf dem beschränkten Raume zwischen den Dämmen sehr schnell steigen, und, bevor noch eine grössere Eismasse sich anhäufen kann, der Druck des Wassers ausreichen, um die in Stockung gerathene Masse wieder in Bewegung zu setzen. Durch die Schutzdämme abgeschlossen, ist aber das Steigen des Wassers für das übrige Land ganz ohne Nachtheil, wenn nur nicht die Dämme selbst überstiegen werden. Sind aber diese über die jetzt bekannten höchsten Hochwasserstände aufgeführt, so ist diess unter den durch die Regulirung ganz geänderten Verhältnissen vollkommen genügend, und ein Uebersteigen derselben niemals zu befürchten.

Für Wien insbesondere kann nach der Regulirung eine Eisstockung in der untern Gegend keinen Einfluss haben, da das Gefälle des verlängerten Wiener Donaucanals grösser ist, als die dadurch mögliche Aufstauung, und nur eine Eisstockung gleich unterhalb Nussdorf könnte bewirken, dass eine grössere Menge Wasser in den Wiener Donaucanal getrieben wird.

Allein abgesehen von der Wahrscheinlichkeit, dass in einem solchen Falle in den Vorhafen und in die Einmündung Eis angetragen, und hierdurch das Wasser abgehalten wird, so ist schon durch die daselbst angebrachte Verengung diese Folge einer Eisstockung auf ein unschädliches Maass reducirt, um so mehr, als bei einer solchen Stockung gleichzeitig mit der obern Aufstauung in der untern Gegend ein mehr niedriger Wasserstand eintritt, und daher die unschädliche Abströmung des durch die verengte Stelle in den Wiener Donaucanal gedrängten Wassers um so sicherer stattfindet.

Nach diesen Auseinandersetzungen über die Folgen der Veränderungen, welche durch die beantragte Regulirung herbeigeführt werden, dürfte es durchaus keinem Zweifel unterliegen, dass hierdurch alle bisherigen Uebelstände, nämlich

die Ueberschwemmung der niedrigen Theile der Residenz und des Marchfeldes und die Versandung des Wiener-Donaucanals, mit ihrem Gefolge von vielseitigen Gefahren und Nachtheilen beseitigt, dass aber auch nur auf diesem Wege der beabsichtigte Erfolg mit voller Sicherheit erreicht, und nebstdem für Wien die Möglichkeit geboten wird, auf einem bis jetzt theils wenig gesuchten, theils fast ganz werthlosen ausgedehnten Raume eine neue Vorstadt anzulegen, deren Lage für industrielle Zwecke alle nur möglichen Vorthelle bietet, welche daher in kürzester Zeit verbaut, der Ausdehnung der Industrie einen neuen Spielraum bietet, und sowohl dem Staate als der Commune Wien einen nicht unbeträchtlichen Steuerertrag zuführen wird.

## Ergebnisse

aus den im Jahre 1862 unter amtlicher Controle angestellten Parallelversuchen mit dem österreichischen Portland-Cemente aus der Fabrik des Herrn Saullich\*) zu Perlmoos bei Kufstein in Tirol einerseits, dann mit den englischen Portland-Cementen von Robins & Comp., von White & Brothers, dann von Francis Brothers & Pott andererseits.

Mitgetheilt von

Georg Rebhann,

k. k. Professor und Ministerial-Oberingenieur.

(Fortsetzung.)

### §. 11.

Stossversuche. Von den Bruchstücken der ziegel-förmigen Prismen (*Lit. A*) wurde je ein Stück einer solchen Probe unterzogen, welche auf den Widerstand gegen die Wirkung eines Stosses schliessen lässt. Der Apparat hiezu war nach Art eines Rammwerkes construiert, bei dem das Fallgewicht (11 Wienerpfund schwer) unten eine conische Spitze von 17<sup>mm</sup>\*\*) Durchmesser und 22<sup>mm</sup>\*\*\*) Höhe hatte, und durch einen Raum von 2' 6" auf das Probestück fallen gelassen wurde. Diese conische Spitze war jedoch in das Fallgewicht bloss eingesetzt und festgeschraubt, damit dieselbe sogleich gegen ein anderes Exemplar ausgewechselt werden konnte, wenn diess ihre durch den wiederholten Gebrauch entstandene Abnützung nothwendig machte. Die gedachten Proben nahmen auf alle 4 Cementgattungen und auf die Erhärtungszeit von 30 und 90 Tagen Bezug, und es sind die Resultate davon in den folgenden Tabellen 20 bis inclusive 27 zusammengestellt.

\*) Herr Kraft ist seither aus dem Verande der Fabrikgesellschaft ausgetreten, und es ist jetzt Herr Saullich alleiniger Fabriksbesitzer.

\*\*) 17mm = 7,744 Wiener Linien.

\*\*\*), 22mm = 1,0022 „

Tabelle XX.

T a b e l l e X X.											
Probestück aus	Post-Nr.	Mischungsverhältniss zwischen				Erhärtet			Tiefe des Stosstoehes	Das Stosstoeh sammt Ausbreitung ringsum hatte im Maxim. d. Durchmesser	Anmerkung
		Ce-ment	Was-ser	Sand	Schot-ter	im Wasser (W)	an der Luft (L)	während			
								Millimeter			
Perlmoozer Portland Cement	1	1	1/2	0	0	W	—	30 Tagen	13,0	36,0	
	2	1	1/2	0	0	—	L		13,5	36,5	
	3	1	1/3	1	0	W	—		12,5	32,5	
	4	1	1/2	1	0	—	L		10,0	8,0**	
	5	1	1/2	2 1/3	0	W	—		13,5	22,5	
	6	1	1/3	2 1/2	0	—	L		10,5	17,5	
	7	1	1/2	0	2 1/3	W	—		11,5	30,0	
	8	1	1/2	0	2 1/3	—	L		8,0	11,5	

Tabelle XXI.

Portland-Cement von Robins u. Comp.	1	1	1/2	0	0	W	—	—	12,0	28,5	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	11,3	22,5	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	13,5	25,0	
	4	1	1/2	1	0	—	L	—	9,7	12,5	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	13,0	32,5	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	30 Tagen	9,0	9,0	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	11,5	20,0	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	11,5	32,0	

Tabelle XXII.

Portland-Cement von White u. Brothers	1	1	1/2	0	0	W	—	—	18,0	20	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	17,0	40	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	16,0	50	
	4	1	1/2	1	0	—	L	30 Tagen	15,0	30	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	—	***	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	—	—	***	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	16,0	30	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	16,0	10**	

Tabelle XXIII.

Portland-Cement von Fr. Brothers u. Pott	1	1	1/2	0	0	W	—	—	23,0	40	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	17,0	20	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	19,0	30	
	4	1	1/2	1	0	—	L	30 Tagen	10,0	8	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	—	***	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	—	13,0	***	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	19,0	40	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	10,0	10**	

Tabelle XXIV.

Perlmoozer Portland-Cement	1	1	1/2	0	0	W	—	—	11,5	50	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	12,0	37,5	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	10,5	26,5	
	4	1	1/2	1	0	—	L	30 Tagen	7,5	7,0 **	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	11,5	19,0	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	—	8,5	7,0 **	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	9,5	30,0	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	10,0	32,5	

Tabelle XXV.

Portland-Cement von Robins u. Comp.	1	1	1/2	0	0	W	—	—	9,5	25	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	9,5	35	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	10,0	30	
	4	1	1/2	1	0	—	L	30 Tagen	11,0	20	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	13,5	25	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	—	12,5	17,5	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	11,0	25,0	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	6,5	10,0	

Tabelle XXVI.

Portland-Cement von White u. Brothers	1	1	1/2	0	0	W	—	—	16	75	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	11	10**	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	15	30	
	4	1	1/2	1	0	—	L	30 Tagen	13	35	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	12	25	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	—	9	9**	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	14	40	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	11	30	

Tabelle XXVII.

Portland-Cement von Fr. Brothers u. Pott	1	1	1/2	0	0	W	—	—	20	50	
	2	1	1/2	0	0	—	L	—	13	10**	
	3	1	1/2	1	0	W	—	—	14	25	
	4	1	1/2	1	0	—	L	30 Tagen	10	9**	
	5	1	1/2	2 1/2	0	W	—	—	15	20	
	6	1	1/2	2 1/2	0	—	L	—	12	10**	
	7	1	1/2	0	2 1/2	W	—	—	12	45	
	8	1	1/2	0	2 1/2	—	L	—	10	30	

\* Die Tiefe des Stosstoehes ist nicht lothrecht, sondern an der Conusseite gemessen.  
 \*\* Kreisförmiges Stosstoeh ohne Ausbreitung.  
 \*\*\* Das Probierstück wurde durch den Stoss zerrümmert.  
 \*\*\*\* Das Probierstück ist gesprungen und hat sich gebildet, ohne auseinanderzufallen.

## §. 12.

Bohrversuche. Von den Bruchstücken der ziegel-förmigen Prismen (Lit. A), mit Ausnahme der mit Schotter bereiteten, wurde je ein Stück auch in Beziehung auf den Widerstand gegen Bohrung untersucht. Die angedeutete Ausnahme findet ihren Grund darin, weil die Schotter enthaltenen Stücke sich zur Bohrung nicht eignen. Die erwähnten Proben geschahen stets mit einem 3 Millimeter\*) breiten und 1 Millimeter\*\*) dicken, unten keilförmig geformten Stahlbohrer, welcher unter einer constanten Belastung von 7 Pfd. 30 Lth. Wiener Gewicht mit 50 horizontalen Umdrehungen (1 Umdrehung per Zeitsecunde) in das Bruchstück eindringen gemacht wurde. Die jeweilige Bohrtiefe konnte mit Hilfe eines mit dem Bohrer in Verbindung gebrachten Zeigerapparates auf einem Gradbogen bequem abgelesen werden.

Es stand übrigens eine genügende Anzahl Exemplare solcher Bohrer zur Verfügung, damit wegen der unvermeidlichen Abnutzung durch den Gebrauch die gehörige Auswechslung eines schadhaft gewordenen Bohrwerkzeuges gegen ein neues Exemplar rechtzeitig stattfinden konnte.

Auch diese Bohrversuche nahmen, so wie die zuvor beschriebenen Stossversuche, auf alle 4 Cementgattungen und auf die Erhärtungszeit von 30 und 90 Tagen Bezug. Die Resultate davon sind in den Tabellen 28, 29, 30 und 31 zusammengestellt.

Tabelle XXVIII.

Probierstück aus	Post-Nr.	Mischungsverhältniss zwischen			Erhärtet		Bohrtiefe		Bohrtiefe		Anmerkung
		Cement	Wasser	Sand	in dem Wasser (W)	an der Luft (L)	in den Probst. welche erhär- teten während	auf d. Gradbog. gemessen *	in den Probst. welche erhär- teten während	auf d. Gradbog. gemessen *	
		in Raumtheilen									
Perlmoozer Portland-Cem.	1	1	$\frac{1}{2}$	0	W	—	30 Tagen	7,0	90 Tagen	5,7	engen Grade an- nehmen, nach
	2	1	$\frac{1}{2}$	0	—	L		7,0			
	3	1	$\frac{1}{2}$	1	W	—		6,5			
	4	1	$\frac{1}{2}$	1	—	L		4,8			
	5	1	$\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	W	—		8,2			
	6	1	$\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	—	L		8,5			

Tabelle XXIX.

Portl.-Cem. von Robins u. Comp.	1	1	1/2	0	W	—	30 Tagen	5,8	4
	2	1	1/2	0	—	L	—	6,8	5,5
	3	1	1/2	1	W	—	—	6,5	6,7
	4	1	1/2	1	—	L	30 Tagen	5,5	4,5
	5	1	1/2	2 1/2	W	—	—	6,5	10
	6	1	1/2	2 1/2	—	L	90 Tagen	3,7	7,7
	7	1	1/2	0	W	—	—	—	—
	8	1	1/2	0	—	L	—	—	—

Tabelle XXX.

Portl.-Cem. von White u. Brothers	1	1	1/2	0	W	—	30 Tagen	10,5	9
	2	1	1/2	0	—	L	—	9,0	10
	3	1	1/2	1	W	—	—	11,5	8
	4	1	1/2	1	—	L	30 Tagen	7,0	9,5
	5	1	1/2	2 1/2	W	—	—	10,5	8
	6	1	1/2	2 1/2	—	L	90 Tagen	10,0	8
	7	1	1/2	0	W	—	—	—	—
	8	1	1/2	0	—	L	—	—	—

Tabelle XXXI.

Portl.-Cem. von Fr. Brothers u. Pott	1	1	1/2	0	W	—	30 Tagen	11	11
	2	1	1/2	0	—	L	—	9	11
	3	1	1/2	1	W	—	—	7,5	9,5
	4	1	1/2	1	—	L	30 Tagen	8,5	9,5
	5	1	1/2	2 1/2	W	—	—	11	12
	6	1	1/2	2 1/2	—	L	90 Tagen	9	9
	7	1	1/2	0	W	—	—	—	—
	8	1	1/2	0	—	L	—	—	—

\*) 3mm = 1,867 Wiener Linien.

\*\*) 1mm = 0,456 " "

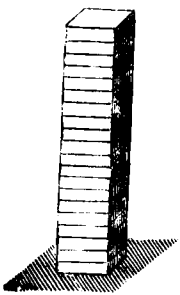
\* In dieser Rubrik ist die Anzahl der vom Zeiger durchlaufenen Bogengrade angegeben, wobei 11 1/2 Grade einer Bohrtiefe von 10 Millimet. entsprechen, nach welchem Verhältnisse die jedesmalige Bohrtiefe zu berechnen ist.



## §. 13.

**Ziegelbalken.** Um die Bindekraft des Cement-Mörtels noch in einer anderen Beziehung zu prüfen, wurden, wie in der Figur 5 angedeutet, Mauerziegel mit solchem Mörtel aufeinander gemauert, und auf diese Weise förmliche Ziegelbalken gebildet, in der Absicht, dieselben nach Verlauf von 90 Tagen abzubrechen. Derlei Ziegelbalken wurden vier, jeder aus 20 Wienerberger Ziegeln bestehend und aufeinanderfolgend mit I, II, III, IV bezeichnet, gebildet, die Ausmaasse der Ziegel waren  $11\frac{1}{2}$ ,  $5\frac{1}{2}$  und  $2\frac{1}{2}$  Zoll, und zum Mörtelbande wurde, und zwar bei

Fig. 5.



- Nr. I, Perlmooser-Cement ohne Sand, bei  
 „ II, Perlmooser-Cement mit Sand zu gleichen Theilen, bei  
 „ III, Robins-Cement ohne Sand, und bei  
 „ IV, Robins-Cement mit Sand zu gleichen Theilen, verwendet.

Als es sich nach Verlauf von 3 Monaten darum handelte, die relative Festigkeit der Ziegelbalken zu probiren, mussten diese von ihrem Standorte, wo sie in verticaler Stellung sich befanden, entfernt, und zu der für den Versuch bestimmten Hebelmaschine getragen werden, um sie dort in die gehörige horizontale Lage zu bringen und sodann der bezüglich Bruchkraft auszusetzen.

Bei dieser Manipulation zerfielen alle 4 Ziegelbalken in einzelne Stücke, und zwar

- Nr. I, in 2 Stücke mit 9 und beziehungsweise 11 Ziegeln,  
 „ II und III, in 3 Stücke mit 6, 7 und 7 Ziegeln, endlich  
 „ IV, in 3 Stücke mit 5, 7 und 8 Ziegeln.

In Folge dieser Zwischenfälle beschränkte man sich darauf, von einzelnen Theilen, in welche die Ziegelbalken zerfielen, die relative Festigkeit zu ermitteln, und die Resultate zum Anhaltspunkte für die weitere Beurtheilung zu benützen.

Diese Resultate sind aus der Tabelle 32 zu ersehen, und die beigegebene Figur 6 zeigt an, wie dieselben verstanden werden.

Die Distanz der Auflagstellen betrug nämlich  $1' 4''$ , zur Balkenhöhe diente die Ziegelbreite von  $5\frac{1}{2}''$  und die Bruchkraft wirkte in der Mitte zwischen den Auflagern.

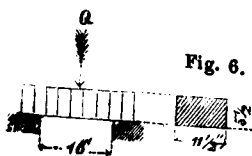


Fig. 6.

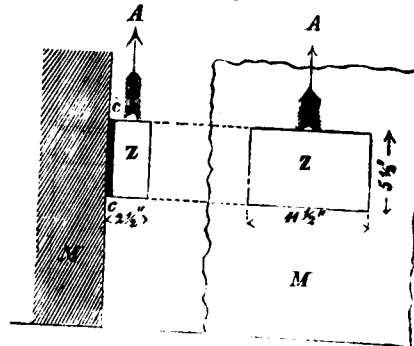
Tabelle XXXII.

Nr. des Ziegelbalkens	Ziegelbalken aus 20 Ziegeln, welche aufeinander gemauert wurden mit Mörtel aus						der Ziegelbalken zerfiel in Stücke, und von diesen wurden folgende der Probe unterzogen	Relative Festigkeit in Wien. Ctr. Q
	Perlmoos. Cement	Wasser	Sand	Robins. Cement	Wasser	Sand		
	in Raumtheilen							
I	1	$\frac{1}{2}$	0	—	—	—	1 Stück m. 11 Ziegeln	5,89
II	1	$\frac{1}{2}$	1	—	—	—	1 " " 9 "	3,17
III	—	—	—	1	$\frac{1}{3}$	0	1 " " 7 "	1,37
IV	—	—	—	1	$\frac{1}{3}$	1	1 " " 7 "	7,34
							1 " " 7 "	4,56
							1 " " 7 "	1,52
							1 " " 7 "	3,55

## §. 14.

**Widerstand gegen das Uebereinanderverschieben von mit Cementmörtel zusammen gemauerten Ziegeln.** (Abschürffestigkeit.) Dieser Festigkeitsart die Aufmerksamkeit zuwendend, wurden, wie Figur 7 anschaulich macht, an eine vertical stehende Ziegelmauer *M*, nachdem diese von dem alten Verputze gehörig entblösst u.

Fig. 7.



gereinigt, dann befeuchtet worden war, 4 Stück gebrannte Wienerberg. Mauerziegel *Z* parallel zur Lagerfläche mit Cementmörtel *cc* in der Absicht angemauert, um dieselben nach 3 Monaten in der angedeuteten Pfeil-

richtung von der Mauer abzuschieben u. die hierzu nothwendige Kraft *A*, welche eben als Maasstab jener Abschürffestigkeit zu dienen hat, kennen zu lernen. Die gedachten 4 Stück Ziegel, von denen in der Figur nur eines angedeutet ist, waren in zwei horizontalen Reihen von verschiedenem Niveau vertheilt, und es enthielt jede dieser Reihen 2 Stück solcher angemauert Ziegel, deren Längen- und Höhen- Dimensionen eine horizontale Lage hatten, während die jedesmalige Ziegelbreite die lothrechte Richtung einnahm. Zu dem Mörtelbande für die zwei Ziegel der oberen Reihe wurde Cement ohne Sandbeimischung, und zwar Perlmooser- und beziehungsweise Robins-Cement verwendet, für die zwei anderen Ziegel in der unteren Reihe aber liess man unter Beibehaltung derselben Cementgattungen eine Sandbeimischung zu gleichen Theilen mit dem Cement-Quantum Platz greifen \*).

Zu den diessfälligen Versuchen wurde eine einfache Hebelmaschine nach Art der hier folgenden Figur 8 angewen-

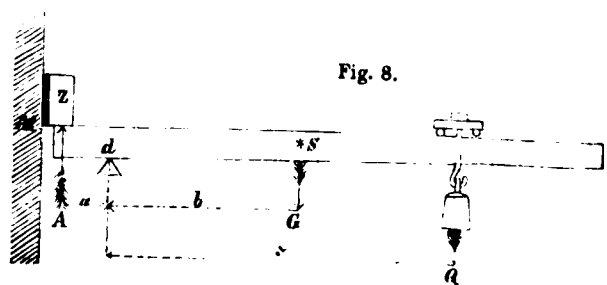


Fig. 8.

det. Dieser Apparat hatte nämlich 2 ungleiche Hebelsarme, der Drehungspunct *d* lag dazwischen, und auf dem längeren Hebelsarme wurde ein Laufgewicht mittelst eines eisernen Schlittens so weit hinausgeschoben, bis die statische Wir-

\*) Die übrigen englischen Cement-Gattungen wurden bei diesen Versuchen, und eben so bei den in den §§. 10 und 13 beschriebenen nicht mehr berücksichtigt, weil aus den Resultaten der vorausgegangenen Hauptproben bereits zu schliessen war, dass unter den englischen Portland-Cementen jener von Robins & Comp der beste sei, und es demnach hinreichte, bei den weiteren parallelen Festigkeitsversuchen bloss den Robins-Cement mit dem Perlmooser-Cement zu vergleichen.



kung desselben im Vereine mit jener des eigenen Hebelgewichtes am Ende des kürzeren Hebelarmes eine solche Kraft  $A$  erzeugte, dass der an die Mauer  $M$  angemauerte Ziegel  $Z$  von derselben losgetrennt und nach aufwärts geschoben wurde.

Nennt man das eigene Gewicht des Hebelbalkens  $G$ , den Hebelarm seines in  $S$  gedachten Schwerpunktes  $b$ , das Laufgewicht sammt der Schwere des Schlittens  $Q$  den dazu gehörigen Hebelarm im Augenblicke der Ziegel-Lostrennung  $x$ , und den Hebelarm der erzeugten Abschärfungskraft  $a$ , so erhält man zur Bestimmung dieser Kraft  $A$  die allgemeine Relation

$$Aa = Gb + Qx \text{ und}$$

hieraus:

$$A = \frac{Gb + Qx}{a},$$

in welche Gleichung die den einzelnen Versuchen entsprechenden Werthe von  $a$ ,  $b$ ,  $Q$  und  $x$  substituirt worden sind, um die jeweilige Abschärfungsfestigkeit  $A$  zu bestimmen.

Die einschlägigen Versuchsergebnisse sind in der nächsten Tabelle 23 zusammengestellt.

Tabelle XXXIII.							
Post-Nr.	Im Mörtelbande war das Mischungsverhältniss zwischen				Erhär- tungszeit des Mörtels	Anschürfungsfestigkeit in Ctr.	
	Perlmooser Cement	Robins- Cement	Wasser	Sand		für die Fläche des ganzen Ziegels von $11\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{2} = 63\frac{1}{4}$ Quadr.-Zollen	durch- schnittlich für einen Qdr.-Zoll d. Ziegelfläche
1	1	0	$\frac{1}{2}$	0	3 Monate	16,93	0,27
2	1	0	$\frac{1}{2}$	1		24,82	0,39
3	0	1	$\frac{1}{2}$	0		17,25	0,27
4	0	1	$\frac{1}{2}$	1		27,43	0,43

Bei dem Versuche Post Nr. 1 erfolgte die Verschiebung des Ziegels an der Anmauerungsstelle dadurch, dass sich derselbe von dem Mörtelbande förmlich lostrennte, und dabei an einigen Randstellen sogar brach, während der Cementmörtel selbst, ohne beschädigt zu werden, an der Mauerfläche haften blieb.

Bei dem Versuche Post Nr. 2 fand eine eigentliche Ablösung zwischen Ziegel und Mörtelband nicht statt, indem eine solche nur an wenigen ganz kleinen Stellen ersichtlich war. Der Bruch erfolgte vielmehr im Ziegel selbst, und zum Theile wurden auch Ziegeltheile von der Mauer losgerissen, während die Cementmörtelschichte entweder an der Mauer oder beziehungsweise an dem weggeschobenen Ziegel haften blieb.

Bei dem Versuche Post Nr. 3 löste sich der Ziegel von der Mörtelschichte vollkommen ab, und diese letztere blieb an der Mauerwand gänzlich haften; eine Beschädigung des Ziegels und der Mauer wurde nicht wahrgenommen.

Was endlich den Versuch Post Nr. 4 betrifft, so zeigte die Besichtigung der Bruchfläche, dass der Ziegel sich in der Ausdehnung von 40 % von der Mörtelschichte ablöste, und der Cement an diesen Stellen an der Mauer haften blieb; im

Uebrigen aber brach grösstentheils das Mörtelband selbst entzwei, und nur stellenweise, wo dieses nicht geschah, sind von der Mauer Ziegeltheile mit herausgerissen worden und im Verbande mit der Mörtelschichte am Ziegel verblieben.

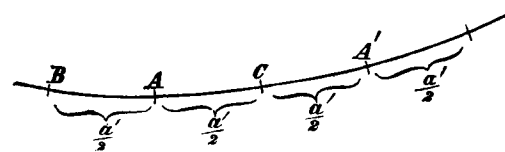
(Fortsetzung folgt.)

## Versuch einer Theorie des Schnirch'schen Brückensystems.

Von August Salaba.

(Fortsetzung.)

Man kann sich denken, dass die Glieder der unteren Kette auch im gebogenen Zustande des Trägers einer Curve eingeschrieben sind, die sich aus der ursprünglichen Parabel nach einem gewissen Gesetze erzeugen lässt. Dieses Gesetz wollen wir ermitteln.



Es sei  $A$  einer von den Drehungspunkten in der unteren Parabel, dem etwa der Drehungs-

winkel  $s'$  entspreche, also ein Kettenknoten,  $A'$  ein zweiter solcher Punkt. Wir tragen zu beiden Seiten von  $A$  die halbe Länge  $\left(\frac{a'}{2}\right)$  eines unteren Kettengliedes auf, und setzen voraus, dass in jedem Elemente des Parabelstückes  $BC$  Drehungen um unendlich kleine Winkel stattfinden. Diese Drehungen sollen aber der Drehung um  $A$  äquivalent, d. h. so beschaffen sein, dass irgend ein Punkt des Trägers vermöge ihrer dieselben Coordinatenveränderungen erleidet, als vermöge der Drehung in  $A$  um den Winkel  $s'$ . Es seien ferner

$x, y$  die Coordinaten von  $A$ ,

$X, Y$  die Coordinaten des im Träger beliebig gewählten Punktes,

$\xi, \eta$  die Coordinaten irgend eines Punktes im Parabelstücke  $BC$ ,

$\sigma$  die Länge des zugehörigen Parabelbogens von einem beliebigen Punkte aus gezählt,

$s$  die Bogenlänge vom Ursprung bis  $A$ ,

$d\sigma$  das Bogenelement,

$\frac{d\sigma}{ds} \cdot ds$  der einem solchen entsprechende unendlich kleine Drehungswinkel,

$\delta X, \delta Y$  die Aenderungen von  $X$  und  $Y$  in Folge der Drehung. Nach der Annahme soll also die Beziehung stattfinden:

$$\delta Y = (X - x) s' = \int_{s - \frac{a'}{2}}^{s + \frac{a'}{2}} (X - \xi) \frac{d\sigma}{ds} \cdot ds.$$

Bezeichnet man den Ausdruck unter dem Integralzeichen mit  $dF(\sigma)$ , so ist

$$\delta Y = \int_{s - \frac{a'}{2}}^{s + \frac{a'}{2}} dF(\sigma) = F\left(s + \frac{1}{2} a'\right) - F\left(s - \frac{1}{2} a'\right), \text{ und}$$

zufolge des Maclaurin'schen oder Taylor'schen Satzes:

$$\delta Y = \left[ F(s) + \frac{a'}{2} \cdot \frac{dF(s)}{ds} + \frac{(\frac{1}{2}a')^2}{2!} \cdot \frac{d^2 F(s)}{ds^2} + \dots \right] - \left[ F(s) - \frac{a'}{2} \cdot \frac{dF(s)}{ds} + \frac{(\frac{1}{2}a')^2}{2!} \cdot \frac{d^2 F(s)}{ds^2} - \dots \right] = 2 \cdot \left[ \frac{a'}{2} \cdot \frac{dF(s)}{ds} + \frac{1}{3!} \left( \frac{a'}{2} \right)^3 \frac{d^3 F(s)}{ds^3} + \frac{1}{5!} \left( \frac{a'}{2} \right)^5 \frac{d^5 F(s)}{ds^5} + \dots \right] \quad (31)$$

Durch Umkehrung dieser Reihe mittelst successiver Differentiation und Multiplication mit gewissen zweckmässig zu wählenden Coefficienten, dann Summirung der erhaltenen Gleichungen, findet sich

$$\frac{dF(s)}{ds} = \frac{1}{a'} \left( \delta Y - \frac{a'^2}{24} \cdot \frac{d^3(\delta Y)}{ds^3} + k \cdot a'' \cdot \frac{d^4(\delta Y)}{ds^4} + \dots \right) \quad (32)$$

$$\text{Aber} \quad \delta Y = (X-x) \cdot s' \quad (33)$$

Substituirt man in (33) für  $x$  successive alle Werthe von  $x = -s$  bis  $x = X$ , und trägt die resultirenden Werthe von  $\delta Y$  als Ordinaten auf, so erhält man eine krumme Linie, die in der Wirklichkeit auf die ganze horizontale Entfernung von einem Kettenauflager bis zum Punkte  $(X, Y)$  vielleicht nur um Zehntel von einem Zoll über die Abscissenachse sich erhebt. Sie wird also äusserst wenig gekrümmt sein, und der zweite Differenzialquotient von  $\delta Y$  wird demzufolge einen sehr kleinen Werth haben. Bei Berücksichtigung dieses Umstandes ist es für unsere Zwecke erlaubt, alle Glieder auf der rechten Seite der Gl. (32) mit Ausnahme des ersten zu vernachlässigen. Da diese Gleichung nur von  $s - \frac{a'}{2}$  bis  $s + \frac{a'}{2}$  gilt, so bedeutet diese Vernachlässigung nichts Anderes, als dass das Bogenstück der erwähnten krummen Linie von der Länge  $a'$  mit der Tangente in dessen Mitte zusammenfalle. Es ist dann einfach

$$\frac{dF(s)}{ds} = \frac{\delta Y}{a'} = \frac{(X-x)s'}{a'}$$

aber

$$dF(s) = (X-x) \cdot \frac{d\tau'}{ds} \cdot d\sigma, \text{ daher}$$

$$\frac{dF(s)}{ds} = (X-x) \cdot \frac{d\tau'(x)}{d\sigma}, \text{ folglich}$$

$$\frac{d\tau'(x)}{d\sigma} = \frac{s'(x)}{a'}$$

Die Drehung um den Punkt  $A$  ist also durch die Gesamtheit der unendlich kleinen Drehungen im Bogenstück  $BC$  ersetzt, welche in jedem Elemente um den Winkel

$$d\tau'(x) = \frac{1}{a'} \cdot s'(x) \cdot d\sigma \quad (34)$$

vorgenommen werden müssen, wobei jedoch  $x$  nicht mehr den constanten Werth der Abscisse von  $A$ , sondern alle Werthe von  $x - \frac{a'}{2}$  bis  $x + \frac{a'}{2}$  annehmen muss.

Die Drehung um den zweiten Knoten  $A'$  ersetzt man durch ähnliche unendlich kleine, demselben Gesetze folgende Drehungen im Parabelstücke  $CD$ , welches sich an  $BC$  anschliesst, u. s. f.

Was hier für den Drehungswinkel  $s'$  durchgeführt wurde, gilt offenbar auch für die Reduction der Einzeldrehungen um die Winkel  $s''$ , die zu Punkten in der unteren Parabel gehören, welche zwischen je zwei Kettenknoten und um die Länge

$a''$  von einander entfernt liegen. Die äquivalenten unendlich kleinen Drehungen betragen dann für jedes Parabel-Element

$$d\tau''(x) = \frac{1}{a''} \cdot s''(x) \cdot d\sigma \quad (35)$$

Eben so leicht lässt sich darthun (mit noch grösserer Genauigkeit), dass die Horizontalverschiebungen, welche vorhin durch

$$h \cdot s''(x)$$

ausgedrückt wurden, auf die Aenderung der Abscisse irgend eines Trägerpunctes von demselben Einflusse sind, als ob die Horizontal-Projection eines jeden unteren Parabel-Elementes einen Zuwachs erfahren würde, der gleich ist

$$d\xi = \frac{1}{a''} \cdot h \cdot s''(x) \cdot d\sigma \quad (36)$$

Die Knoten der unteren Kette werden daher nach der Biegung in einer Curve liegen, welcher wir die Benennung „untere Ketten-Curve“ beilegen wollen. Sie entsteht aus der unteren Parabel, wenn der Contingenz-Winkel in jedem Bogenelemente  $d\sigma$  um

$$d(\tau' + \tau'') = \left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) d\sigma,$$

und die Horizontal-Projection von  $d\sigma$  um

$$d\xi = \frac{h}{a''} \cdot s'' \cdot d\sigma$$

zunimmt, welche Grössen auch

$$d\tau = \left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) \frac{dx}{\cos \varphi} \quad \text{und} \quad (37)$$

$$d\xi = \frac{h}{a''} \cdot s'' \cdot \frac{dx}{\cos \varphi} \quad (38)$$

geschrieben werden können.

Die untere Ketten-Curve ist also eine Parabel, deren Elemente, anstatt constant zu sein, in jedem ihrer Punkte variiren.

So wie wir alle Drehungspunkte in die untere Parabel versetzt haben, können dieselben auch in die obere Kette übertragen werden. Man gelangt auf demselben Wege wie oben zu dem Resultate, dass die Knoten der oberen Kette nach der Biegung in einer „oberen Ketten-Curve“ liegen werden, die aus der oberen Parabel entsteht, wenn der Contingenz-Winkel der letzteren sich in jedem Bogenelemente um

$$d\tau = \left( \frac{s''}{a''} + \frac{s'}{a'} \right) \frac{dx}{\cos \varphi}, \quad \text{und}$$

das Abscissen-Element  $dx$  um

$$d\xi = - \frac{h}{a'} \cdot s' \cdot \frac{dx}{\cos \varphi} \quad \text{ändert.}$$

Durch diese Vorgänge haben wir die Betrachtung des ganzen Trägers auf die Betrachtung der unteren und oberen Ketten-Curve reducirt, was ein wesentlicher Vortheil ist, da man dadurch — freilich mit gewissen Vernachlässigungen — in die Lage kommt, statt endlicher Summationen einer grossen Anzahl von Gliedern Integrale anwenden zu können.

Beide Ketten-Curven stehen zu einander in einer bemerkenswerthen Beziehung. Wir wählen zwei Punkte, einen in der unteren und einen in der oberen Parabel, welche dieselbe Abscisse  $x$  und die resp. Ordinaten  $y$  und  $y + h$  haben sollen. Nach der Biegung werden die Abscissen beider Punkte sich etwa um  $\delta_1 x$  und  $\delta_2 x$  ändern. Wenden wir zur Bestimmung

dieser Grössen das Entstehungsgesetz ihrer zugehörigen Ketten-Curven an, in welche sie zu liegen kommen, so hat man (mit Anwendung von Formel 30)

$$\delta_1 x = \int (y - \eta) \left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) \frac{d\xi}{\cos \varphi} + \int \frac{h}{a''} s'' \cdot \frac{d\xi}{\cos \varphi},$$

$$\text{und } \delta_2 x = \int (y - \eta) \left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) \frac{d\xi}{\cos \varphi} - \int \frac{h}{a'} s' \cdot \frac{d\xi}{\cos \varphi},$$

wo  $(\xi, \eta)$  und  $(\xi, \eta + h)$  die laufenden Coordinaten der beiden Parabeln vorstellen, und alle Integrale zwischen denselben Grenzen zu nehmen sind, nämlich von den als fix angenommenen Kettenauflagerpunkten bis  $\xi = x$ .

Die verticale Linie, welche die beiden Punkte  $(x, y)$  und  $(x, y + h)$  zu Anfang verband, ist jetzt unter dem Winkel

$$\psi = \frac{\delta_1 x - \delta_2 x}{h}$$

zur Ordinatenachse geneigt, welcher nach Substitution der Werthe für  $\delta_1 x$  und  $\delta_2 x$  durch

$$\int \left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) \frac{d\xi}{\cos \varphi}$$

ausgedrückt wird.

Betrachtet man diesen letzten Ausdruck genauer, so lässt sich erkennen, dass er mit dem Zuwachse des Neigungswinkels der Tangenten in den Punkten  $(x, y)$  und  $(x, y + h)$  an die Parabeln, die nun in die Ketten-Curven übergegangen sind, identisch ist. Daraus folgt, dass der Neigungswinkel der Verbindungslinie zweier Punkte in der unteren und oberen Parabel, welche vor der Biegung in einer Verticalen lagen, mit den Tangenten an die Parabeln in diesen Punkten, auch nach der Biegung derselbe bleibt, wenn man sich die Tangenten für den neuen Zustand des Trägers an die Ketten-Curven gezogen denkt.

Werden statt dieser zwei Punkte die Aufhängepunkte der Ketten an der zweiten Auflagerstelle des Trägers genommen, welche als unverrückbar vorausgesetzt werden, so ist man vermöge der oben ausgesprochenen Eigenschaft der Ketten-Curven berechtigt, zu sagen, dass letztere an den Aufhängepunkten mit den Parabeln gemeinschaftliche Tangenten besitzen, was übrigens bei Berücksichtigung des Entstehungsgesetzes der Ketten-Curven für den linken Aufhängepunkt

$$AB = a'' = 2 \left( r - \frac{h}{2} \right) \sin \lambda = \left( 1 - \frac{h}{2r} \right) \cdot 2r \cdot \sin \lambda$$

$$CD = a' = 2 \left( r + \frac{h}{2} \right) \sin \lambda = \left( 1 + \frac{h}{2r} \right) \cdot 2r \cdot \sin \lambda$$

$$EF = a = \frac{a' + a''}{2} = 2r \cdot \sin \lambda, \text{ daher}$$

$$a' = a \left( 1 + \frac{h}{2r} \right), \quad a'' = a \left( 1 - \frac{h}{2r} \right)$$

$$CG = GD = AH = HB = b = \sqrt{\left[ h - \left( r + \frac{h}{2} \right) (1 - \cos \lambda) \right]^2 + \left( r + \frac{h}{2} \right)^2 \lambda^2} =$$

$$= \sqrt{\left[ h - \left( r + \frac{h}{2} \right) \lambda^2 \right]^2 + \left( r + \frac{h}{2} \right)^2 \lambda^2} = \sqrt{h^2 - h \left( r + \frac{h}{2} \right) \lambda^2 + \left( r + \frac{h}{2} \right)^2 \lambda^2} =$$

$$= \sqrt{h^2 - \left( r + \frac{h}{2} \right) \left( r - \frac{h}{2} \right) \lambda^2} = \sqrt{h^2 - \lambda^2 (r^2 - \frac{h^2}{4})}, \text{ oder sehr genähert:}$$

$$b = \sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}};$$

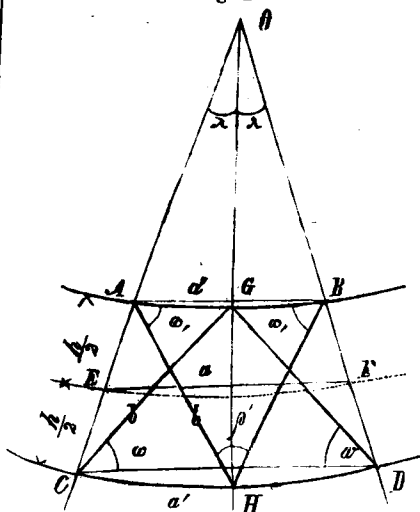
sogleich einleuchtet, und selbstverständlich auch für das andere Auflager gelten muss.

Dadurch ist man dessen überhoben, auf beide Ketten-Curven zugleich Rücksicht zu nehmen, indem die Betrachtung jeder einzelnen von ihnen — wir wählen die untere — genügen wird, die gewissen drei Bedingungsgleichungen, und damit die Lösung der Aufgabe zu erhalten.

Vergegenwärtigt man sich die Entstehungsweise der Ketten-Curve, so wird man eine auffallende Analogie mit dem Falle eines nach einer Parabel gekrümmten, elastischen, an beiden Enden eingespannten Stabes wahrnehmen, woraus zu schliessen ist, dass auch die Spannungsverhältnisse in einem Schnirch'schen Kettenträger mit den in einem solchen Stabe (etwa einem so geformten Gitterträger) stattfindenden, viele Aehnlichkeit haben dürften.

Es sollen nun die Beziehungen zwischen den Grössen  $a'$ ,  $a''$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $\omega$  und  $\omega_1$ , welche in  $s'_{(x)}$  und  $s''_{(x)}$  vorkommen, aufgestellt werden.

Fig. 16.



Es wurde schon erwähnt, dass die beiden Parabeln, besonders am Scheitel, sich sehr nahe an concentrische Kreisbögen anschliessen. Wir denken uns eine dritte mit den beiden ersten congruente Parabel, die genau in der Mitte zwischen ihnen liegen soll, und suchen den Mittelpunkt  $O$  eines Kreisbogens auf, der mit ihr gleiche Spannweite ( $2s$ ) und Pfeilhöhe ( $t$ ) habe.

Der Halbmesser ist dann bekanntlich

$$OE = OF = r = \frac{s^2 + t^2}{2t}.$$

Die concentrischen Bögen  $CD$  und  $AB$  mit den Radien  $\left( r + \frac{h}{2} \right)$  und  $\left( r - \frac{h}{2} \right)$  ersetzen die untere und die obere Parabel. Man hat wegen der Kleinheit des Centriwinkels  $\lambda$  und des Abstandes  $h$  im Vergleiche zu  $r$ :

$$\sin \omega' = \frac{h - \left(r + \frac{h}{2}\right)(1 - \cos \lambda)}{b} = \frac{h - \frac{a^2}{8r}}{b} = \frac{h}{b} \left(1 - \frac{a^2}{8hr}\right),$$

$$\sin \omega'' = \frac{h + \left(r - \frac{h}{2}\right)(1 - \cos \lambda)}{b} = \frac{h + \frac{a^2}{8r}}{b} = \frac{h}{b} \left(1 + \frac{a^2}{8hr}\right),$$

$$\frac{\sin \omega' + \sin \omega''}{2} = \sin \omega = \frac{h}{b}.$$

Wie man sieht, weichen die Grössen  $a'$  und  $a''$ ,  $\omega'$  und  $\omega''$  sehr wenig von ihren resp. Mittelwerthen  $a$  und  $\omega$  ab, und desswegen wird es erlaubt sein, statt jener diese in die Ausdrücke für  $s'$  und  $s''$  zu substituieren, besonders da letztere hiedurch bedeutend einfacher sich darstellen lassen; man erhält nämlich

$$s'(x) = -\frac{1}{E} \left( \frac{A_{(x-i_1)} - A_{(x+i_1)}}{f \sin 2\omega} + \frac{aH_x}{bF \cos \varphi \sin \omega} \right) \dots \dots \dots (39)$$

$$s''(x) = \frac{1}{E} \left( \frac{B_{(x-i_1)} - B_x}{f \sin 2\omega} + \frac{aH'_x}{bF \cos \varphi \sin \omega} \right) \dots \dots \dots (40)$$

Nach den Formeln (19) und (21) ist aber, wenn man darin  $x+i_1$ ,  $x-i_1$ ,  $x-i$  statt  $x$  setzt:

$$A_{(x-i_1)} = \frac{b}{h} \left[ -g \left( l - x + i_1 + \frac{i_2}{2} \right) - \frac{u}{p} (2x - 2i_1 - i_2) + v \right]$$

$$A_{(x+i_1)} = \frac{b}{h} \left[ -g \left( l - x - \frac{i_2}{2} \right) - \frac{u}{p} (2x + i_2) + v \right]$$

$$A_{(x-i_1)} - A_{(x+i_1)} = \frac{b}{h} \left[ -g(i_1 + i_2) + \frac{u}{p} (2i_1 + 2i_2) \right] = \frac{-bi}{h} \left( g - \frac{2u}{p} \right) = \frac{-ab \cos \varphi}{h} \left( g - \frac{2u}{p} \right)$$

$$B_x = \frac{b}{h} \left[ g \left( l - x - \frac{i_1}{2} \right) + \frac{u}{p} (2x + i_1) + v \right]$$

$$B_{(x-i_1)} = \frac{b}{h} \left[ g \left( l - x + i - \frac{i_1}{2} \right) + \frac{u}{p} (2x - 2i + i_1) + v \right]$$

$$B_{(x-i_1)} - B_x = \frac{b}{h} \left( gi - \frac{2u}{p} \cdot i \right) = \frac{ab \cos \varphi}{h} \left( g - \frac{2u}{p} \right).$$

Damit wird

$$s'(x) = \frac{1}{E} \left[ \frac{ab \cos \varphi}{fh \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) - \frac{a \cdot H_x}{bF \cos \varphi \sin \omega} \right]$$

$$s''(x) = \frac{1}{E} \left[ \frac{ab \cos \varphi}{fh \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) + \frac{a \cdot H'_x}{Fb \cos \varphi \sin \omega} \right],$$

und die Grösse

$$\left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) = \frac{1}{E} \left[ \frac{2b \cos \varphi}{fh \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) + \frac{H'_x - H_x}{Fb \sin \omega \cos \varphi} \right],$$

und aus (37), (38):

$$d\tau = \left( \frac{s'}{a'} + \frac{s''}{a''} \right) \frac{dx}{\cos \varphi} = \frac{1}{E} \left[ \frac{2b}{fh \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) + \frac{H'_x - H_x}{Fb \sin \omega \cos \varphi} \right] dx \dots \dots \dots (m)$$

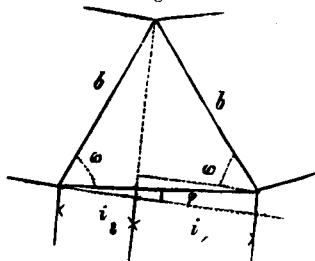
$$d\xi = \frac{h}{a''} s'' \cdot \frac{dx}{\cos \varphi} = \frac{1}{E} \left[ \frac{b}{f \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) + \frac{h \cdot H'_x}{Fb \sin \omega \cos \varphi} \right]; \dots \dots \dots (n)$$

aus (17), (18) ist:

$$H_x = -\frac{1}{h} \left[ -\frac{g}{2} \left( (l-x)^2 + \frac{i_1 i_2}{2} \right) - u \left( \frac{s^2}{p} - \frac{x^2}{p} + h \right) + v(s-x) + wh \right]$$

$$H'_x = \frac{1}{h} \left[ -\frac{g}{2} \left( (l-x)^2 + \frac{i_1 i_2}{2} \right) - u \left( \frac{s^2}{p} - \frac{x^2}{p} \right) + v(s-x) + wh \right]$$

Fig. 17.



Aus der nebenstehenden Figur folgt

$$i_1 = b \cos (\omega - \varphi), \quad i_2 = b \cos (\omega + \varphi)$$

$$i_1 \cdot i_2 = b^2 \cos (\omega - \varphi) \cos (\omega + \varphi) =$$

$$= \frac{b^2}{2} \cdot (\cos (\omega - \varphi + \omega + \varphi) + \cos (\omega - \varphi - \omega - \varphi)),$$

oder, da  $\varphi$  klein ist, annähernd

$$= \frac{b^2}{2} (2 \cos \omega^2 - 1 + 1) = \frac{a^2}{4}.$$

Der von  $i_1 i_2$  abhängende Theil von  $H_x$  ist daher  $= \frac{g a^2}{16 h}$ .

Nimmt man für  $g$  im Max. 25 Ctr. pr. 1 Cur.-Fuss und für  $a$  und  $h$  die Daten von der Wiener Brücke, so wird

$\frac{g a^2}{16 h} = \frac{25 \cdot 10 \cdot 10}{16 \cdot 4} = 39 \text{ Ctr.}$ , eine gegen die in den Kettengliedern auftretende Spannung verschwindende Grösse, besonders wenn man beachtet, dass durch die Vernachlässigung von  $i_1, i_2$  der Fehler theilweise compensirt wird, der durch die Annahme des Mittelwerthes  $h$  in  $H_x$  und  $H'_x$  (Gl. 2, 3, 6, 7) begangen wurde. Daher ist einfacher:

$$H'_x - H_x = \frac{-1}{h} \left[ g \cdot (l - x)^2 + 2u \left( \frac{s^2}{p} - \frac{x^2}{p} \right) - 2v(s - x) - 2wh \right] + u \quad (41)$$

$$d\tau = \frac{1}{E} \left[ \frac{2b}{fh \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) - \frac{1}{Fbh \sin \omega \cos \varphi^2} \left( g(l - x)^2 + \frac{2u}{p} (s^2 - x^2) - 2v(s - x) - 2wh + uh \right) \right] dx \quad (42)$$

$$d\xi = \frac{1}{E} \left[ \frac{b}{f \sin 2\omega} \left( g - \frac{2u}{p} \right) + \frac{1}{Fb \sin \omega \cos \varphi^2} \left( -\frac{g}{2} (l - x)^2 - \frac{u}{p} (s^2 - x^2) + v(s - x) + wh \right) \right] dx =$$

$$= \frac{h \cdot d\tau}{2} + \frac{uh \cdot dx}{2EFb \sin \omega \cos \varphi^2} \quad (43)$$

Es bezeichnen für die Folge  $x, y$  die Coordinaten eines Punktes der Parabel,

$x', y'$ , die Coordinaten desselben Punktes nach der Biegung,

$\varphi$ , den Tangentenwinkel in  $(x, y)$ ,

$\varphi'$  " " " "  $(x', y')$ ,

$\delta x$  den Unterschied  $(x' - x)$ ,

$\delta y$  " " " "  $(y' - y)$ ,

$\delta \varphi$  " " " "  $(\varphi' - \varphi)$ ; dann ist:

$$\delta \varphi = \int_{-s}^x d\tau \quad (44)$$

$$\delta x = - \int_{-s}^x (y - \eta) d\tau + \int_{-s}^x d\xi = \int_{-s}^x y \cdot d\tau - y \cdot \delta \varphi + \int_{-s}^x d\xi \quad (45)$$

$$\delta y = \int_{-s}^x (x - \xi) d\tau = - \int_{-s}^x x \cdot d\tau + x \cdot \delta \varphi; \quad (46)$$

und für den zweiten Aufhängepunkt

$$0 = \int_{-s}^l d\tau \quad (47)$$

$$0 = \frac{2b}{fh \sin 2\omega} \int_{-s}^l \left( g - \frac{2u}{p} \right) dx - \frac{1}{Fb \sin \omega} \int_{-s}^l \frac{H_x - H'_x}{\cos \varphi^2} dx \quad (50)$$

$$0 = \frac{2b}{Fhp \sin 2\omega} \int_{-s}^l \left( g - \frac{2u}{p} \right) x^2 dx - \frac{1}{Fbp \sin \omega} \int_{-s}^l \frac{H_x - H'_x}{\cos \varphi^2} x^2 dx + \frac{uh}{2Fb \sin \omega} \int_{-s}^l \frac{dx}{\cos \varphi^2} \quad (51)$$

$$0 = \frac{2b}{fh \sin 2\omega} \int_{-s}^l \left( g - \frac{2u}{p} \right) x dx - \frac{1}{Fb \sin \omega} \int_{-s}^l \frac{H_x - H'_x}{\cos \varphi^2} x dx \quad (52)$$

Es werde für's Erste der Fall betrachtet, wo die Belastung über die ganze Trägerlänge vertheilt, und jedes Kettenglied absolut unausdehnbar ist. Letztere Voraussetzung ist auch mit der Annahme eines unendlich grossen  $F$  gleichbedeutend. Als nothwendige Folge dieser Bedingungen ergeben die Gl. 50, 51, 52, da die Glieder mit  $F$  verschwinden,

$$g - \frac{2u}{p} = 0, \quad (53)$$

und vermöge dieser Beziehung folgt aus 17 und 18, wenn man ausserdem beachtet, dass  $v$  wegen der symmetrischen Anordnung der Belastung offenbar gleich der Hälfte der Total-Last oder  $gs$  sein muss

$$H_x = u - w \quad (54)$$

$$H'_x = w, \quad (55)$$

und aus 19 und 21:  $A_x = B_x = 0$  (56)

Man schliesst daraus, dass beide Ketten unabhängig von einander in Anspruch genommen werden, indem die Spannungen in den Verbindungsgliedern Null sind, und dass der Horizontalschub jeder Kette an allen Stellen dieselbe Grösse hat. Da nun beide Ketten vollkommen auf dieselbe Weise belastet sind, so muss

$$H_x = H'_x, \text{ und daher wegen 54, 55, 56}$$

$$H_x = H'_x = \frac{u}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{p}{2} \text{ sein.} \quad (57)$$

Dieses Resultat stimmt bekanntlich genau überein mit der theoretisch strengen Formel für den Horizontalschub in einer freihängenden Kette, welche gerade so belastet ist, wie unsere Ketten in dem eben betrachteten Falle. Es kann zugleich als Beleg dienen, dass die während der vorhergehenden Entwicklungen vorgenommenen Vernachlässigungen erlaubt waren, und sich gewissermassen ausgeglichen haben.

Ist die ganze Brücke gleichförmig belastet, aber  $F$  nicht  $\infty$  gross, so finden die Beziehungen 53, 54, 55, 56 und 57 nicht mehr Statt.

$$0 = \int_{-s}^l y \cdot d\tau + \int_{-s}^l d\xi \quad (48)$$

$$0 = - \int_{-s}^l x \cdot d\tau \quad (49)$$

Die Functionen unter den Integralzeichen sind für den Fall, als der Punct  $(x, y)$  in den unbelasteten Theil der Kettenwand fällt, discontinuirlich. Sie enthalten nämlich das Moment der Belastung, welches mit wachsendem  $x$  abnimmt, und von dem Augenblicke an, wo es Null wird, auch fortwährend Null bleibt. Jedes Integral zerfällt in Folge dessen in zwei andere, wovon eines die Grenzen  $-s$  und  $l$ , das zweite die Grenzen  $-s$  und  $x$  erhält (für  $x > l$ ). Auf diesen Umstand ist bei der Integration Rücksicht zu nehmen. Substituiren wir zunächst in die Glgn. 47, 48, 49 die Werthe für  $d\tau$  und  $d\xi$  nach den Formeln (m) und (n) so kommt,

$$\text{da } y = \frac{x^2}{p} \text{ ist,}$$

Kehren wir zu den Gl. 44, 45, 46 zurück, und setzen dorthin statt  $\frac{1}{\cos \varphi}$

$$1 + \operatorname{tg} \varphi^2 = 1 + \left(\frac{2x}{p}\right)^2, \text{ so kommt (für } x < l) \text{}$$

$$\delta \varphi = \frac{2b}{Efh \sin 2\omega} \left( \int_{-s}^x g dx - \frac{2u}{p} \int_{-s}^x dx \right) - \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left\{ g \int_{-s}^x (l-x)^2 \left( 1 + \frac{4x^2}{p^2} \right) dx + \right. \\ \left. + \int_{-s}^x \left[ 2u \left( \frac{s^2}{p} - \frac{x^2}{p} \right) - 2v(s-x) - 2wh + uh \right] \left( 1 + \frac{4x^2}{p^2} \right) dx \right\} \dots (58)$$

$$\delta x = \frac{1}{p} \int_{-s}^x \omega^2 d\tau - \frac{x^2}{p} \cdot \delta \varphi + \frac{h}{2} \cdot \delta \varphi + \frac{uh}{2EFb \sin \omega} \int_{-s}^x \left( 1 + \frac{4x^2}{p^2} \right) dx \dots (59)$$

$$\delta y = - \int_{-s}^x x \cdot d\tau + x \cdot \delta \varphi. \dots (60)$$

Für  $x > l$  übergeht die obere Grenze der mit  $g$  behafteten Integrale in  $l$ . Die Ausführung der Integrationen ergibt:

$$\delta \varphi = \frac{-2b}{Efh \sin 2\omega} \left( gx - \frac{2u}{p} x \right) - \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left\{ g \left[ l^2 x - lx^2 + \left( \frac{1}{3} + \frac{4l^2}{3p^2} \right) x^3 - \frac{2l}{p^2} x^4 + \frac{4}{5p^2} x^5 \right] + \right. \\ \left. + \frac{2u}{p} \left[ s^2 x - \left( \frac{1}{3} - \frac{4s^2}{3p^2} \right) x^3 - \frac{4x^5}{5p^2} \right] - 2v \left( sx - \frac{x^2}{2} + \frac{4sx^3}{3p^2} - \frac{x^4}{p^2} \right) + h(u-2w) \left( x + \frac{4x^3}{3p^2} \right) \right\} \dots (61)$$

$$\delta y = \frac{-2b}{Efh \sin 2\omega} \left( \frac{gx^2}{2} - \frac{ux^2}{p} \right) + \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left\{ g \left[ \frac{l^2 x^3}{2} - \frac{2lx^4}{3} + \left( \frac{1}{4} + \frac{l^2}{p^2} \right) x^5 - \frac{8lx^6}{5p^2} + \frac{2x^7}{3p^2} \right] + \right. \\ \left. + \frac{2u}{p} \left[ \frac{s^2 x^3}{2} - \left( \frac{1}{4} - \frac{s^2}{p^2} \right) x^5 - \frac{2x^7}{3p^2} \right] - 2v \left( \frac{sx^2}{2} - \frac{x^3}{3} + \frac{sx^4}{p^2} - \frac{4x^5}{5p^2} \right) + \right. \\ \left. + h(u-2w) \left( \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{p^2} \right) \right\} + x \cdot \delta \varphi. \dots (62)$$

$$\delta x = \frac{2b}{Efh \sin 2\omega} \left( \frac{gx^3}{3} - \frac{2u}{3p} x^3 \right) - \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left\{ g \left[ \frac{l^2 x^4}{3} - \frac{lx^5}{2} + \left( \frac{1}{5} + \frac{4l^2}{5p^2} \right) x^6 - \frac{4lx^7}{3p^2} + \frac{4x^8}{7p^2} \right] + \right. \\ \left. + \frac{2u}{p} \left[ \frac{s^2 x^4}{3} - \left( \frac{1}{5} - \frac{4s^2}{5p^2} \right) x^6 - \frac{4x^8}{7p^2} \right] - 2v \left( \frac{sx^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{4sx^5}{5p^2} - \frac{2x^6}{3p^2} \right) + h(u-2w) \left( \frac{x^3}{3} + \frac{4x^5}{5p^2} \right) \right\} + \\ + \frac{uh}{2EFb \sin \omega} \left( x + \frac{4x^3}{3p^2} \right) + \left( \frac{h}{2} - \frac{x^2}{2} \right) \delta \varphi. \dots (63)$$

Für den zweiten Aufhängepunkt auf der Seite der positiven Abscissen ist

$$\delta \varphi = 0, \quad \delta y = 0, \quad \delta x = 0,$$

und für die obere Grenze der mit  $g$  behafteten Integrale  $x = l$ , und bei den übrigen Gliedern  $x = s$  zu setzen. Man erhält so:

$$0 = \frac{2b}{Efh \sin 2\omega} \left( g(l+s) - \frac{4us}{p} \right) - \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left\{ g \left\{ l^2(l+s) - l(l^2-s^2) + \left( \frac{1}{3} + \frac{4l^2}{3p^2} \right) (l^3+s^3) - \right. \right. \\ \left. - \frac{2l}{p^2} (l^4-s^4) + \frac{4}{5p^2} (l^5+s^5) \right\} + \frac{4u}{p} \left[ s^3 - \left( \frac{1}{3} - \frac{4s^2}{3p^2} \right) s^3 - \frac{4s^5}{5p^2} \right] - 4v \left( s^2 + \frac{4s^4}{3p^2} \right) + \\ \left. + 2h(u-2w) \left( s + \frac{4s^3}{3p^2} \right) \right\} \dots (64)$$

$$0 = \frac{-2b}{Efh \sin 2\omega} \left( \frac{g}{2} (l^2-s^2) \right) + \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left\{ g \left\{ \frac{l^2}{2} (l^2-s^2) - \frac{2l}{3} (l^3+s^3) + \left( \frac{1}{4} + \frac{l^2}{p^2} \right) (l^4-s^4) - \right. \right. \\ \left. - \frac{8l}{5p^2} (l^5+s^5) + \frac{2}{3p^2} (l^6-s^6) \right\} + 4v \left( \frac{s^2}{3} + \frac{4s^4}{5p^2} \right) \right\} \dots (65)$$

$$0 = \frac{2b}{Efh \sin 2\omega} \left( g(l^3 + s^3) - \frac{4us^3}{3p} \right) - \frac{1}{EFbh \sin \omega} \left[ g \left( \frac{l^3}{3} (l^3 + s^3) - \frac{l}{2} (l^4 - s^4) + \left( \frac{1}{5} + \frac{4l^5}{5p^2} \right) (l^3 + s^3) - \frac{4l}{3p^2} (l^5 - s^5) + \frac{4}{7p^2} (l^7 + s^7) \right) + \frac{4u}{p} \left[ \frac{s^5}{3} - \left( \frac{1}{5} - \frac{4s^2}{5p^2} \right) s^5 - \frac{4s^7}{7p^2} \right] - 4v \left( \frac{s^4}{3} + \frac{4s^6}{5p^2} \right) + \right. \\ \left. + 2h(u - 2w) \left( \frac{s^3}{3} + \frac{4s^5}{5p^2} \right) \right] + \frac{uhp}{EFb \sin \omega} \left( s + \frac{4s^3}{3p^2} \right). \quad (66)$$

Wenn man diese Gleichungen nach den Potenzen von  $l$  ordnet, dann mit  $EFbh \sin \omega$  multiplicirt, und den Quotienten

$$\frac{F}{f} = k \text{ setzt, so wird} \dots \dots \dots (67)$$

$$\frac{4u}{p} \left[ \frac{kb^3 s}{\cos \omega} + \frac{ph}{2} \left( s + \frac{4s^3}{3p^2} \right) + \left( \frac{2s^3}{3} + \frac{8s^5}{15p^2} \right) \right] - 4v \left( s^2 + \frac{4s^4}{3p^2} \right) - 4hw \left( s + \frac{4s^3}{3p^2} \right) + \\ + g \left[ \left( \frac{s^3}{3} + \frac{4s^5}{5p^2} \right) + l \left( s^3 + \frac{2s^5}{p^2} \right) + l^2 \left( s + \frac{4s^3}{3p^2} \right) + \frac{l^3}{3} + \frac{2l^5}{15p^2} - \frac{kb^3}{\cos \omega} (l + s) \right] = 0 \quad (68)$$

$$4v \left( \frac{s^3}{3} + \frac{4s^5}{5p^2} \right) + g \left[ - \left( \frac{s^4}{4} + \frac{2s^6}{3p^2} \right) - l \left( \frac{2s^3}{3} + \frac{8s^5}{5p^2} \right) - l^2 \left( \frac{s^2}{2} + \frac{s^4}{p^2} \right) + \frac{l^4}{12} + \frac{b^6}{15p^2} - \frac{kb^3(l^2 - s^2)}{2 \cos \omega} \right] = 0 \quad (69)$$

$$\frac{4u}{p} \left[ \frac{kb^3 s^3}{3 \cos \omega} + \frac{ph}{2} \left( \frac{s^3}{3} + \frac{4s^5}{5p^2} \right) - \frac{p^2 h^2}{4} \left( s + \frac{4s^3}{3p^2} \right) + \left( \frac{2s^5}{15} + \frac{8s^7}{35p^2} \right) \right] - 4v \left( \frac{s^4}{3} + \frac{4s^6}{5p^2} \right) - 4hw \left( \frac{s^3}{3} + \frac{4s^5}{5p^2} \right) + \\ + g \left[ \left( \frac{s^5}{5} + \frac{4s^7}{7p^2} \right) + l \left( \frac{s^4}{2} + \frac{4s^6}{3p^2} \right) + l^2 \left( \frac{s^3}{3} + \frac{4s^5}{5p^2} \right) + \frac{l^5}{30} + \frac{4l^7}{105p^2} - \frac{kb^3(l^2 + s^2)}{3 \cos \omega} \right] = 0 \quad (70)$$

Aus diesen Gleichungen findet man  $u$ ,  $v$  und  $w$ . Sie sind aber zu weitläufig, als dass ihre Discussion in der allgemeinen Form leicht aufzustellen wäre. Wir wollen daher für jene Grössen, welche bei allen Brücken dieser Art nahezu dieselben Werthe haben werden, nämlich  $\frac{p}{s}$  und  $\frac{h}{b} = \sin \omega$ , die Daten der Wiener Brücke einsetzen, welche, bis nun als die einzige nach dem vorliegenden System ausgeführte, für uns zunächst von Interesse ist.

Man hat dort

$$\frac{p}{s} = 10, \quad \frac{h}{b} = \sin \omega = \frac{4}{6,42} = 0,623, \quad \frac{1}{\sin \omega} = \frac{b}{h} = 1,605 \quad (71)$$

$$\frac{1}{\cos \omega} = \frac{\left( \frac{1}{\sin \omega} \right)}{\sqrt{\left( \frac{1}{\sin \omega} \right)^2 - 1}} = 1,2785, \quad h' = 4' \quad s = 130,4'. \quad (72)$$

Diess substituiren wir in 68, 69 und 70 und setzen noch  $ls$  statt  $l$ , und statt  $h$

$$hs \cdot \frac{4}{130,4} = 0,03067 hs, \quad (73)$$

so dass jetzt  $l$  und  $h$  zwischen 0 und 1 liegende Verhältnisszahlen bedeuten. davon die letztere bei der Wiener Brücke gleich 1 ist. Wir erhalten

$$0,4u(0,000309k + 0,1554h + 0,672) - 4,0533v - 0,12431hw + \\ + gs[0,34133 + 1,02l + 1,0133l^2 + 0,3333l^3 + 0,00133l^4 + 0,000309k(1+l)] = 0. \quad (74)$$

$$1,3653v + gs[-0,25667 - 0,68267l - 0,51l^2 + 0,0833l^4 + 0,000667l^5 - 0,000155k(l^2 - 1)] = 0. \quad (75)$$

$$0,4u(0,000103k + 0,05234h + 0,13562 - 0,0238h^2) - 1,3653v - 0,04187hw + \\ + gs[0,20571 + 0,51334l + 0,34133l^2 + 0,03333l^3 + 0,00038l^4 - 0,000103k(1+l^2)] = 0. \quad (76)$$

und daraus

$$v = gs(1+l)[0,5 - (1-l)(0,312 - 0,0615l^2 + 0,0001k)],$$

$$0,4u(0,000002k - 0,0001h - 0,011279 - 0,002959h^2) + gs[0,011282 + \\ + 0,021106l - 0,01395l^3 + 0,004086l^5 + 0,000047l^7 + 0,000013k(1+l) - 0,0000128k(l^2 + 1)] = 0, \quad (77)$$

oder, wenn man das erste Glied im Factor von  $u$  seiner Unbedeutendheit wegen vernachlässigt, und im zweiten Gliede aus demselben Grunde  $h = 1$  setzt,

$$u = \frac{gs}{(1 + 0,2600h^2)} [2,478 + 4,637l - 3,066l^2 + 0,897l^5 + 0,010l^7 - 0,0028k(l^2 - l)] = \\ = \frac{gs}{(1 + 0,2600h^2)} (1+l)[2,478 + l(1-l)(2,159 - 0,907l^2 - 0,01l^4 + 0,0028k)] \dots (78)$$

und

$$hw = u(0,001k + 0,5h + 2,1624) + gs(1+l)[-3,384 - 4,713l + 0,685l^2 + 1,996l^3 - \\ - 0,006l^4 + 0,016l^5 - 0,01k(0,37l - 0,12)]. \quad (79)$$

Um den Einfluss von  $h$  auf die Spannungen im Träger deutlich zu machen, wollen wir drei Fälle in Betracht ziehen, wo sein soll. Für den Coefficienten  $k$  nehmen wir den entsprechenden Werth

$$k = \frac{62}{11,6} = 5,35$$

von der Wiener Brücke, da er für gewöhnliche Fälle auf das Resultat nur sehr untergeordnet einwirkt.



Dann ist für  $h = 1$ :

$$v = gs(1+l)[0,5 - (1-l)(0,3115 - 0,0615l^2)] \quad (80)$$

$$u = gs(1+l)[1,976 + l(1-l)(1,702 - 0,720l^2 - 0,008l^4)] \quad (81)$$

$$w = gs(1+l)[-0,196 + (1-l)(2,032 + 1,861l - 2,006l^2 - 1,923l^3 - 0,016l^4 - 0,021l^5)] \quad (82)$$

für  $h = \frac{1}{2}$ :

$$v_1 = gs(1+l)[0,5 - (1-l)(0,3115 - 0,0615l^2)] \quad (83)$$

$$u_1 = gs(1+l)[2,327 - l(1-l)(2,013 - 0,851l^2 - 0,009l^4)] \quad (84)$$

$$w_1 = 2gs(1+l)[0,209 + (1-l)(2,002 + 2,154l - 2,006l^2 + 2,059l^3 - 0,016l^4 - 0,022l^5)] \quad (85)$$

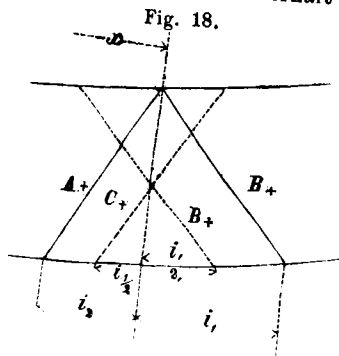
für  $h = 2$ :

$$v_2 = gs(1+l)[0,5 - (1-l)(0,3115 - 0,0615l^2)] \quad (86)$$

$$u_2 = gs(1+l)[1,215 + l(1-l)(1,051 - 0,445l^2 - 0,005l^4)] \quad (87)$$

$$w_2 = \frac{gs}{2}(1+l)[-1,556 + (1-l)(2,002 + 0,627l - 2,006l^2 - 1,415l^3 - 0,016l^4 - 0,016l^5)] \quad (88)$$

Wenn man in den Gln. 20 und 22  $\mathfrak{A}_x$  statt  $A_x + \frac{i_2}{2}$ , und  $\mathfrak{B}_x$  statt  $B_x - \frac{i_1}{2}$  setzt, so bedeuten diese neuen Grössen Spannungen in Strebegliedern, deren  $x$  sich nicht auf ihre oberen Endpunkte, sondern auf die Mittelpunkte ihrer Längen bezieht (siehe Fig. 18), und man erhält



$$\text{für } x < l \quad \left\{ \begin{aligned} H'_x &= \frac{1}{h} \left[ \left( wh + vs - \frac{us^2}{p} - \frac{gl^2}{2} \right) + x(gl - v) + x^2 \left( \frac{u}{p} - \frac{g}{2} \right) \right] \\ \mathfrak{A}_x &= -b \frac{dH'_x}{dx} = \frac{b}{h} \left[ (v - gl) + x \left( g - \frac{2u}{p} \right) \right] \end{aligned} \right. \quad (89)$$

$$\text{für } x > l \quad \left\{ \begin{aligned} H'_x &= \frac{1}{h} \left[ \left( wh + vs - \frac{us^2}{p} \right) - vx + \frac{ux^2}{p} \right] \\ \mathfrak{A}_x &= -b \frac{dH'_x}{dx} = \frac{b}{h} \left( v - \frac{2u}{p} x \right) \end{aligned} \right. \quad (90)$$

und allgemein

$$H_x = u - H'_x \quad (91)$$

$$\mathfrak{B}_x = -\mathfrak{A}_x \quad (92)$$

Denkt man sich die Spannungen  $H'_x$  und  $\mathfrak{A}_x$  als Ordinaten, die zu den Abscissen  $x$  gehören, aufgetragen, so erhält man zwei Parabelstücke mit verticaler Axe, welche an der Stelle  $x = l$  zusammentreffen, und zwei gerade Linien, welche einen Punkt, dessen Abscisse ebenfalls  $l$  ist, gemeinschaftlich haben. Aus der Beziehung zwischen  $\mathfrak{A}_x$  und  $H'_x$  folgt ausserdem, dass beide Parabelstücke in ihrem Anschlusspunkte eine gemeinschaftliche Tangente besitzen. Die Curven, welche den übrigen Spannungen  $H_x$  und  $\mathfrak{B}_x$  entsprechen, lassen sich dann leicht aus den für  $H'_x$  und  $\mathfrak{A}_x$  geltenden vermöge der Beziehungen 91 und 92 construiren.

(Schluss folgt.)

## Der Civil-Ingenieur auf der Londoner Welt-Ausstellung im Jahre 1862.

(Fortsetzung.)

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 18 u. 19.)

Ingenieur Pittar wendet das combinirte Hängwerk-System in Eisen für Brücken an und führt zwei Modelle mit 100 und 200' Spannweite vor, ausgeführt in America (Fig. 20). Der Hauptbalken ist ein doppelt T förmiger Träger, der an 7 Punkten durch eingeschaltete Hängwerke mittelst verticaler Streben unterstützt ist. Erstere sind aus Flach-, letztere aus Gusseisen. Diesen verschiedenen Brücken-Systemen reihen sich nur zwei Modelle an, bei welchen eiserne Bögen als Hauptträger fungiren. Das eine (Fig. 21) versinnlicht die vom Ingenieur Fowler construirte 900' lange Victoriabrücke über die Themse in London. Sie besteht aus vier Hauptöffnungen, nebst zwei Landöffnungen. Die zweigeleisige Brückenbahn ruht auf T förmigen Querträgern und diese finden ihre Unterstützung durch vier Längenbalken und eben so viele segmentförmige Bögen, welche durch schiefe Streben verbunden sind. Die Balken, so wie die Bögen sind aus mehrfachem starkem Blech hergestellt \*)

\*) Zwei ähnliche Theile, nur etwas zierlicher gearbeitet, dienen zur Verkleidung auf den Seiten und zur Befestigung des Geländers.

Das andere Modell stellte den Viaduct über das Lunethal vor, ausgeführt vom Ingenieur Errington (Fig. 22, 23). Ausser sechs mit Ziegeln eingewölbten Bögen von 45' Spannweite, umfasst derselbe eine Hauptöffnung von 120' Spannweite, mit einer Schienenhöhe von 80' über dem Wasserspiegel. Auch hier sind die tragenden Bestandtheile vier Bögen, T förmig aus Blechen construiert, mit durchbrochenen Füllungen. Schwache Querspangen, zwei schmale Gitterwerke und die Querträger erhalten die gegenseitige verticale Stellung.

Bei der Probe-Belastung dieser Brücke wurden Massen bis zu 250 Tonnen aufgelegt und hiebei eine Senkung von  $\frac{1}{4}$ " wahrgenommen.

Schliesslich ist noch des Modells einer Rollbrücke von Turner & Gibson über einen Canal oder schmalen Fluss, der mit Segelschiffen befahren wird, zu erwähnen. Dieselbe muss jedoch einen Mittelpfeiler gestatten, bis zu welchem die Brücke zurückgeschoben wird.

Die Hauptträger haben eine doppelt T förmige Gestalt und an der untern Fläche eine verkehrte Schiene befestigt.

Auf dem Mittelpfeiler und dem einen Landpfeiler laufen Frictions-Räder um eine fixe Axe, welche an ihrem Umfange eine Nuth eingeschnitten haben, in die jene Schiene eingreift.

Dasjenige Stück des Oberbaues, um welches die Construction ins Land hineingeschoben wird, ist so eingerichtet,

dass sich jede Schiene in die Vertiefung umlegt. und so der Bewegung kein Hinderniss bietet.

Nicht ohne Interesse dürfte es sein, auch einige Worte über die vielen Principe des Oberbaues, die sich in der Ausstellung vorfinden, zu sagen. Varietäten der gewöhnlichen Systeme mit oder ohne Chairs, bei Anwendung von Lang- oder Querschwellern in den verschiedensten Schienenprofilen, oft sammt den betreffenden Wechsel-Constructionen etc., waren in überwiegender Anzahl vorhanden. Doch fanden sich einzelne Beispiele von besonders abweichender Form. So das von Anderstan (Fig. 24), vollkommen aus Eisen bestehend und daher alle Sleepers und Schwellen vermeidend. Die Schienen liegen in grossen gusseisernen Chairs, der Form nach Kugelabschnitte von  $2\frac{1}{2}$  — 3' Durchmesser, oben mit einem Lager, in welches jene verkeilt werden. Die Unverrückbarkeit der Breite nach wird hergestellt durch flachkantige Querschienen, an beiden Enden mit eisernen Keilen befestigt. Jeder Chair hat zwei 2 — 3" weite Löcher, damit er vollständig ausgefüllt und bestmöglichst gefestigt werden kann. Dieses System hat sich besonders in den Sandebenen Aegyptens vorzüglich bewährt.

Ein anderes abweichendes System ist das von W. Seaton vorgeschlagene, auf einem Theile der Great-Western-Eisenbahn seit drei Jahren in Betrieb stehend (Fig. 25 u. 26). Die Absicht des Erfinders ist Ersparniss in der Anlage und während des Betriebes, nebstbei eine grössere Sicherheit. Erstere soll erreicht werden durch ein bedeutend geringeres Cubikmaass Holz bei gleicher Lagerfläche. Ebenso ist das verwendete Eisen von viel geringerer Quantität, da einmal das Schienenprofil einen kleineren Flächeninhalt ausweist, und da ferner alle Chairs weggelassen. Das Holz hat eine viel grössere Lebensdauer vor sich, indem kein Wasser auf der Oberfläche sitzen bleiben kann, andererseits ist der Druck den Fasern parallel, daher kann seine Wirkung kein Abpressen, sondern nur eine Verdichtung derselben bewirken. Die Sicherheit des Systems basirt sich auf die Abwesenheit irgend gusseiserner Bestandtheile, daher nicht leicht ein Bruch entstehen kann, ferner auf die breite Grundlinie und grosse Stabilität der Langhölzer und auf die Festigkeit der Stossverbindungen.

Endlich ist noch das Whright'sche Sicherheits-System, ebenfalls ganz aus Eisen, zu erwähnen; es soll die Möglichkeit einer Entgleisung ganz ausschliessen und nach der Ansicht des Ingenieurs eine Geschwindigkeit von 100 Meilen per Stunde ohne Gefahr erlauben. Dieser Vortheil kann jedoch nur mit einem ungeheuren Aufwande von Material erreicht werden, wie diess aus Fig. 27 hervorgeht. Ausserdem, dass der Tyre bei einer Entgleisung über eine zweite 6" höher liegende Schiene springen müsste, sind an jedem Waggon noch beiderseits drei bremsenartige Schuhe angebracht, die beim Abwärtsfahren oder einer sonstigen Gefahr an die Schienen gedrückt werden können.

Es schliessen sich nun hier eine Menge Gegenstände an, die jedoch schon mehr in den mechanischen Theil des Eisenbahnwesens hineingehören, so die Construction von Drehscheiben und Schiebebühnen, Wechsel, Ausweichen und die betreffenden Ständer, Signal-Apparate etc. Eine besondere

Aufmerksamkeit ist der Verständigung zwischen dem Conducteur und Maschinenführer geschenkt worden; eine Unzahl von Apparaten zielt darauf hin, hier das Vorzüglichste ausfindig zu machen. Pfeifen in Verbindung mit Druckpumpen, Glocken durch dieselbe Kraft bewegt, complicirte Hebel-Apparate etc. etc. finden sich in verschiedenster Anordnung.

Auch sind mehrere Vorrichtungen ausgestellt, welche die selbständige, von Wächtern unabhängige Signalisirung bei Tunnels u. s. w. bewerkstelligen. Sie beruhen meist darauf, dass der Waggon an einer bestimmten Stelle des Weges an eine daselbst fixirte Feder streift, und hiedurch electrisch oder durch ein Hebelwerk die nächsten Signale bewegt.

#### b. Gewöhnliche Brücken.

Dieser Absatz sollte eigentlich dem gesammten Strassenbau gewidmet sein; doch fand sich hierin ausser den Brückenbauten nichts von Bedeutung. Wenn auch die Anzahl derselben nicht gross ist, so brachte dafür jede einzelne Nummer ein ganz verschiedenes Princip zur Anschauung.

Vor allen andern kühn ist das Project der Ingenieure Flawkshaw und Barlow für eine Kettenbrücke über die Mündung des Arons bei Clifton, 245' über den höchsten Springfluthen. Die beiderseits steil abfallenden Felsen erlauben nur eine einzige Oeffnung mit 700'. Die Construction an und für sich ist nicht abweichend von gewöhnlichen Brücken dieser Art. Die Breite ist bedingt durch einen Fahr- und zwei Gehwege. Diese werden von zwei Ketten-Systemen getragen, deren jedes aus drei übereinander liegenden zwölf-fachen Ketten besteht. Hängestangen von den Bogen zu den Querträgern reichend, übertragen das Gewicht der Brückenbahn an die Kette.

Ingenieur Barlow hatte ferner durch eine flüchtige Zeichnung die von ihm jüngst vollendete Lambethbrücke in London in den Kreis der Ausstellung einbezogen. Es ist diess (Fig. 28 u. 29) eine Drahtseilbrücke über die daselbst bei 1000' breite Themse und ebenfalls für eine Fahrbahn und zwei Fusswege bestimmt. Geringer Material-Bedarf, und dem entsprechend die geringen Kosten von nur 30000 £ bei vollkommen genügender Festigkeit, dürften bald ein ähnliches Werk entstehen lassen.

Die Brücke hat drei Oeffnungen, jede im Lichten bei 280' weit. Die Breite beträgt 36', wovon 24' auf die Fahrbahn fallen. Das eigentlich tragende Element sind vier Seile. Ein solches Seil von beigefügtem Querschnitt besteht aus sieben dünnen Stücken, die wieder aus je sieben Eisendrähten zusammengedreht wurden. Die Dicke der Drähte beträgt  $\frac{5}{16}$ ", daher der ganze Querschnitt

$$4 \times 7 \times 7 \times \frac{5}{16} \pi = 60 \text{ Quadrat"}$$

Diese Bänder tragen jedoch nicht die Brückenträger selbst, sondern zwei nach der ganzen Länge laufende Röhren von quadratischem Querschnitt, 18" hoch. Die Verbindung derselben mit den Seilen durch 18" breite gitterförmige Blechträger ist aus den Figuren 30 u. 31 ersichtlich.

Die Röhren haben die doppelte Aufgabe, die Querträger aufzunehmen und durch ihre eigene Steifigkeit auch die Beweglichkeit der Brückenbahn zu vermindern. Sie werden in

diesem Bestreben unterstützt durch diagonale Bänder. wie diess auch aus Fig. 30 u. 31 zu ersehen ist. Seil, Röhren und Streben bilden hiedurch einen gitterförmigen Balken, bei dem zwar die Steifigkeit gegen die Mitte zu durch die Verminderung der Höhe abnimmt, was jedoch durch die gleichzeitige Annäherung der einzelnen Felder wieder balancirt werden dürfte. Die Diagonal-Streben sind nicht mit Nieten, sondern mit Keilen befestigt, so dass nach Vollendung der Brückenbahn der veränderten Form der Seile Rechnung getragen werden konnte.

Die Fahrbahn liegt auf Querträgern in 3' Entfernung. Dieselben sind der ganzen Länge nach mit Blech überspannt. Ein 6" hohes Holzstöckelpflaster, wobei die Fugen mit einer bindenden Asphaltmasse ausgefüllt sind, ersetzt eine schwere und viel mehr Höhe erfordernde Steinpflasterung.

Für die Fusswege sind auf der andern Seite der Röhren 6' lange Consolen in Entfernungen, entsprechend den Querträgern angebracht. Sie sind aus Band Eisen hergestellt und von solcher Form, dass sie gleichzeitig Wasser- und Gasröhren aufzunehmen im Stande sind. Auf denselben liegen unmittelbar 1" dicke Steinplatten. Die Drahtseile sind in vier Punkten von 27 — 30' hohen Thürmen unterstützt, deren ausseisernes Gerippe mit Blech überzogen ist. Unter der Bahn bestehen die Landpfeiler aus Quadern und Ziegelmauerwerk; die zwei mittleren Pfeiler hingegen aus Cylindern von 12' Durchmesser, ähnlich denen der Cheptowbrücke aus Eisenblech mit Concret ausgefüllt.

Die Verankerung ist aus Fig. 32 ersichtlich. Die Enden der Drahtseile sind zu einem Ohr umgebogen und mit Schraubengloben zusammen gehalten. Durch die Oeffnungen sind Halbrollen geschoben. An den Axen der letztern sind lange Schrauben angebracht, welche zwischen I-förmigen Eisenstücken festgeklemt werden. Diese greifen endlich weit in die Beton-Masse hinein, mit der der ganze Raum bis zur Nivellete und bis zu den Landpfeilern ausgefüllt ist. Schliesslich ist noch eine Eisenverbindung zwischen den Pfeilern und Ankern hergestellt. Die Fahrbahn hat zur Erleichterung der Schifffahrt in der Mitte eine Sprengung von 12' gegen die Enden, von 3' gegen die Mittelpfeiler.

Die Brücke wurde am 1. October 1861 begonnen und im November 1862 dem Verkehr übergeben gegen den üblichen Zoll von  $\frac{1}{4}$  d. oder 2 kr. für Fuss-Passagiere und 8 kr. per Wagenpferd.

Ingenieur Brunless hat einige Pläne zur Schau gestellt, welche das von ihm verfasste Project einer Reconstruction der dem Einsturz nahen steinernen Blackfriarsbrücke in London betreffen. Die neue aus Eisen herzustellende Brücke soll eine 46' breite Fahrbahn und 12' breite Gehwege umfassen mit fünf Oeffnungen, die mittlere 209', dann beiderseits 196' und 163' Spannweite; die lichte Höhe resp. 26', 24' und 19' über den Springfluthen. Die Construction beruht auf Anwendung von sehr gedrückten elliptischen Bögen mit geschmackvoller ornamentaler Verzierung in den Feldern.

Ein ganz neues System im Brückenbau für grosse Spannweiten, Eisenbahnen oder gewöhnliche Communicationen, stellt Sedley auf. Vier kleine Modelle im Princip durch die Skizze 33 wiedergegeben, sollen seine Idee verdeutlichen.

Die Spannweiten reichen bis 1500' ohne Mittelpfeiler. Ausser einer Combination von Röhren-, Gitter- und Hängebrücken-System beruht sein Princip darauf, die Construction beiderseits symmetrisch zu der halben Brückenlänge ins Land hineinreichen zu lassen, und so eine Art Balance herzustellen. Leider ist die ganze Idee nicht klar genug durchgeführt, um ins Detail eingehen zu können und zu ersehen, ob dieselbe auf grundsätzlich durchgeführter Rechnung, oder nur auf Vermuthungen und Modell-Versuchen beruht. Es dürfte ausschliesslich das letztere angenommen werden, da auch in dem betreffenden ihm ertheilten Patent keine Hinweisung auf erstere, wohl aber auf Probe-Belastungen mit Modellen zu finden ist.

Schliesslich haben Turner und Gibson auch eine Rollbrücke für gewöhnliche Strassen ausgestellt. Sie ist bestimmt für eine Spannweite von 120', bei einer Breite von 34' für zwei Fahr- und zwei Gehwege. Diese werden getragen von drei fischbauchförmigen Blechträgern, die an ihrer untern Fläche Zähne eingeschnitten haben, mit welchen sie in Zahnräder und Getriebe am Landpfeiler eingreifen, gleichzeitig noch auf mehreren unter den Schwerpunkten liegenden Frictions-Rädern beweglich.

Wie schon in der Einleitung gesagt wurde, sind unter den militärischen Objecten einige sehr interessante Gegenstände, die sich hier anschliessen. So z. B. die von Major Jones in Vorschlag gebrachten Nothbrücken mit Anwendung von verzinktem Eisenblech, sowohl für Infanterie als für schweres Geschütz und Cavallerie. Das Grund-Element sind immer Streifen 3 — 4" breit und 6 — 8' lang. 2 — 4 und mehr solcher Bleche werden übereinander gelegt und der Länge nach mit andern Schrauben oder Niethen verbunden, so dass man continuirliche Bänder von der Länge der verlangten Spannweite bekommt. Diese Bänder bilden die Träger der Brücke und werden so viele gespannt, als es die Festigkeit und der Zweck der Brücke fordert, und dann mit Brettern oder Pfosten überlegt. An den Enden sind sie umgebogen und zu einem Ohr gebildet, durch welches ein Balken durchgesteckt wird, der auf irgend eine Weise durch Zangen und Stützen oder Seile an dem Lande festgehalten ist. In Fig. 34 u. 35 ist diess mit Flaschenzügen bewerkstelligt. Diese sind an einem Balken befestigt, der durch zwei starke Piloten unverrückbar gemacht wurde. Soll die Brücke nur als Gehweg benützt werden, so gibt man die einfachen oder doppelten Bänder dicht nebeneinander (Fig. 36) und lässt sie unmittelbar den Weg bilden. Damit aber keine ungleichen Schwankungen eintreten und Unglück verhindert werde, macht man eine Art Geflechte, und steckt dünne Prügel der Breite nach durch, so dass ein Band abwechselnd darüber oder darunter zu liegen kommt.

Für grössere Spannweiten werden Pontons gleichsam als Mittelpfeiler eingeschaltet und dann dasselbe Princip verfolgt. Dieses Princip, das eine schnelle, leichte und doch sichere Brückenherstellung erlaubt, dürfte besonders beim Nothbrückenbau nach Ueberschwemmungen etc. von besonderem Vortheile sein, da die Elemente desselben leicht auf bedeutende Distanzen verführt werden können. Ausserdem waren mehrere Roll- und Zugbrücken dargestellt, welche durch eine geringe

Kraftanwendung geöffnet und geschlossen werden können, meist mit Anwendung eines Balance-Gewichtes. Sie übersteigen jedoch nicht die Spannweite von 20' und haben wohl für die Civil-Ingenieure nie eine Anwendung.

#### c. Maritime Bauten.

Ein zierliches Modell zeigt die Anlage des im Jahre 1847 begonnenen Hafens und der Doks von West-Hartlepool an der Nordostküste von England. Dieser ganze Bau beweist, wie ein Ort sich schnell entwickelt, wenn er durch äussere Einflüsse begünstigt wird. West-Hartlepool ist jetzt eine sehr hübsch gebaute, über 14000 Einwohner bergende Stadt, während im Jahre 1847 nur einige 2 — 300 Fischer an diesem Platze ihr Dasein fristeten. Und während damals nur elende Boote an der Küste landeten, empfangen die Doks im Jahre 1861 bereits 6000 Schiffe in ihren Räumen.

Der eigentliche Hafen besteht aus einem bei 44 Acres (1 Ac. = 1125 □<sup>o</sup>) enthaltendem Theil des Meeres, welcher durch einen, stellenweise durch zwei starke Dämme gegen die heftigen Stürme und Bewegungen der See geschützt ist.

Innerhalb desselben befinden sich drei durch Canäle zusammenhängende, nach einander entstandene Bassins, zusammen mit einem Flächeninhalt von mehr als 30 Acres.

Ausserdem sind separate Bassins und lange Canäle zur Verschiffung von Bauholz, die wieder bei 40 Acres bedecken.

Zur Reparatur und zum Bau der Schiffe dienen zwei 350' lange, gegrabene Ausbesserungs-Doks, nebst grossen Werften und Werkstätten.

Die gesammte Fläche, welche von den Hafenbauten, inclusive der vielen Magazine und der in currenter Länge 25 Meilen betragenden Eisenbahn, zur Verbindung im Innern bedeckt wird, beträgt 245 Acres. Diese Bauten wurden in vierzehn Jahren zu Stande gebracht.

Eine kleinere Anlage von Doks und Werften versinnlichte das von Tod u. M. Gregor in Glasgow ausgestellte Modell.

Das Etablissement dieser Herren, aus welchem Schiffe grösster Art hervorgehen, liegt an dem Zusammenflusse des Clyde und des Beloin, und besteht aus einem grossen Bassin, dem Ausbesserungsdok, langen Werften, grossen Werkstätten mit Dampfhammern, Dampfkranichen und sonstiger vollkommener Einrichtung. Der grosse Dampfkranich hebt Lasten bis 20 Tonnen. — Der Flächenraum der gesammten Area beträgt 20 Acres. Die currente Länge der Quais erreicht 2400 Fuss. Durch diese Ausdehnung ist es möglich, sieben Schiffe, mit 3000 Tonnengehalt jedes, zu gleicher Zeit in Reparatur und Ausrüstung zu erhalten, ohne den neu im Bau befindlichen.

Der Dok ist 500' lang, 80' breit, 20' unter Springfluthen tief und ganz aus Granitquader-Mauerwerk hergestellt. Da die Fluth- und Ebbe-Differenz nur 8' beträgt, so müssen die übrigen 12' ausgepumpt werden, um das Bassin leer zu bekommen. Diese Operation wird von einer 250 Pferde kräftigen Maschine mittelst zweier 52zölliger Pumpen in 2½ Stunden ausgeführt, wobei auf die Ebbe gar nicht gewartet zu werden braucht.

Die Thore sind aus Schmiedeisen über 60 Tonnen schwer und hängen in Bändern. Das Lager besteht aus einem auf der untern Fläche gehobelten gusseisernen Ansatz, der sich auf polirtem Granitstein bewegt, welche Idee sich sehr praktisch erweist.

Von eigentlichen Reparatur-Doks sind eine grosse Anzahl ausgestellt, von denen jeder ein ganz anderes Princip veranschaulicht. Hierbei ist besonders auf jene Orte Rücksicht genommen, wo die Differenz zwischen Ebbe und Fluth klein ist, und man das Aussaugen des ganzen Bassins vermeiden will. Eines von diesen Principien, die sogenannten schwimmenden Doks (von Rennie u. Sohn), sind durch mehrere Modelle dargestellt und durch Fig. 37 in der Ansicht und Fig. 38 in der innern Ausführung vorgeführt. Sie sind ganz aus Eisen construirt, das Gerippe aus Winkelschienen, der Ueberzug aus Blech.

Um das Sinken des ganzen Doks und mit ihm des Schiffes durch eine Ungeschicklichkeit oder einen Unfall zu verhüten, besteht er aus mehreren Etagen, die mit einander nicht in Verbindung stehen. Soll ein Schiff reparirt werden, so wird der Dok mit Wasser so weit gefüllt, dass er gerade noch schwimmt und unter das Schiff hineingeschoben. Das Wasser wird nun aus den Kästen mittelst auf dem Apparate befindlicher Dampfmaschinen ausgepumpt und das Schiff steigt mit dem Dok aus dem Wasser empor und kann successive gestützt werden. Man fährt dann mit dem Dok an eine seichte Stelle und reparirt das Schiff darauf, oder zu einem eigens vorgerichteten Platz, wo das Schiff auf einer Art Bahn oder Schlitten auf das Land transportirt wird. Nach vollendeter Arbeit wird dieselbe Manipulation in verkehrter Weise ausgeführt. Zwei nach diesen Modellen ausgeführte Exemplare sind zum Theile im Bau, zum Theil vollendet für die spanischen Regierungsdoks-Yards in Ferrol und Chartagena. Sie haben eine Länge von 320 — 350', innere Breite von 105' und 37' Höhe. Die Tiefe der untersten Kammer beträgt 12'. Mit dieser Vorrichtung, die auch den Vortheil besitzt, keine Thore zu benöthigen, können Schiffe mit 5000 — 6000 Tonnen gehoben werden.

Der Mackelcan'sche Dok unterscheidet sich von diesen sehr wenig. Er theilt nur den Boden in mehrere Pontons, die nach Belieben ausgewechselt werden können, so dass der Apparat auch immer gereinigt erhalten werden kann.

Der Patent-Dok von Pile und Comp. ist eine sehr sinnreiche Einrichtung. Das Arrangement ist leicht verständlich durch die Zeichnungen (Fig. 39 — 42). Der Dok besteht aus einer Anzahl schmiedeiserne Säulen in zwei parallelen Reihen. Sie sind hohl und befestigt auf dem untersten eisernen Ponton J, Fig. 39, für den sie Luftleitungsröhren bilden, Oben tragen sie eine Gallerie B, die als Communication dient.

Der Ponton F schwimmt immer an der Oberfläche und hat seine Führung in den Säulen A. Die vordern Theile H können durch eine mechanische Vorrichtung geöffnet oder geschlossen werden. Auf dem Ponton I liegt ein zweiter L, der damit fest verbunden oder frei gemacht werden kann, und, wenn nöthig, das gehobene Fahrzeug weiter flottet.

Das Schiff sammt den Pontons I und L hebt sich wenn Luft ein- oder Wasser ausgepumpt wird.

Fig. 43 zeigt gleichzeitig die Art der Stützung eines Schiffes.

E. Clark's Patent-Dok (Fig. 43) beruht auf der Anwendung hydraulischer Pressen. Er besteht aus einem eisernen, auf der unteren Seite mit Blech überzogenen Rahmen, der durch Rippen nach der Länge und Breite in Kammern getheilt ist; jede solche Kammer hat am Boden ein Ventil.

Dieser Rahmen, eigentlich ein eisernes Floss, befindet sich zwischen einer doppelten Reihe hohler Säulen, die nichts anderes als kleine hydraulische Pressen vorstellen und liegt auf Querträgern, welche durch diese gehoben oder gesenkt werden. Alle Pressen werden durch Eine kleine Dampfmaschine bewegt, und zwar nicht unmittelbar, sondern mit Einschaltung eines andern Cylinders, so dass der Druck auf jede einzelne ein gleichmässiger ist. Die Operation des Aufdokens ist eine höchst simple. Das Schiff fährt zwischen die Säulen auf den gesenkten Ponton und wird mittelst der Pumpen gehoben, bis der Rahmen über der Oberfläche des Wassers erscheint, dann werden die Ventile geöffnet, das Wasser rinnt aus den Kammern aus, und das nun schwimmende Floss sammt dem Schiff kann an einen beliebigen Platz geschoben werden. Solche Vorrichtungen werden mit grossem Vortheil in den Victoria-Doks in London angewendet.

W. Walker's Dok (Fig. 44) unterscheidet sich von diesem dadurch, dass die Pressen auf einzelnen starken Booten sich befinden, die fest gekuppelt sind. Der gleichgestaltete Rahmen ist nicht mit Blech umspannt, schwimmt daher auch nicht, sondern das gehobene Schiff wird sammt dem ganzen Apparat an den gewünschten Platz gebracht.

Eine Vorrichtung, die in hafen- und uferbaulosen Strömen mit grossem Vortheil angewendet werden kann, ist ein Floss nach der Idee von Corry. Derselbe ist von sehr starker Construction, ausgerüstet mit sechs Dampfkrahnen, Rollbahnen, Rutschen etc. und bezweckt die schnelle Ausladung von Dampfern mitten im Flusse. Der Floss hat die Gestalt eines langgezogenen Sechsecks, so dass, während zwei grosse Dampfer gleichzeitig an den Längenseiten anlegen, vier kleinere Boote an den schmalen Seiten Platz haben, und ihre Ladung durch die Rollbahnen unmittelbar auf kleinen Karren empfangen. Die zwei Dampfer können binnen wenigen Stunden entleert sein.

Es dürfte hier der Platz sein, einige Details zu den vorhergehenden Bauten zu berühren. So begegnen wir mehreren Modellen über die Construction von Hafendämmen oder sogenannten Wasserbrechern, ausgestellt von Skott. Fig. 45 zeigt ein Profil hiefür. Sie werden am Lande abgebunden, auf den Platz verführt und hinter einer Reihe von Piloten aufgestellt. Unter einander sind sie verbunden durch Zangen und durch die horizontalen Ruthen.

An dem Ende eines solchen Dammes wird ein Kopf gebaut (Fig. 46). Er besteht aus ähnlichen Profilen, nur etwas schmaler und vertical gestellt. Der innere Raum wird stets mit Steinen ausgefüllt und kann später auch mit Quadern nachgemauert werden.

Während von Thoren oder andern Verschlussmitteln für Doks gar keine Detail-Constructionen vorhanden waren, darf jedoch eine sehr sinnreiche Vorrichtung von Lawrence

(Fig. 47) nicht übersehen werden. Sie bezweckt das Minimum von Kraftanstrengung beim Oeffnen des Schiebers, wenn die Schleusenkammer gefüllt werden soll, und ist in den Londoner Commercial-Doks durchaus mit sehr grossem Vortheil angewendet. Statt einer Oeffnung im Thore selbst stellt ein Canal in der Seitenmauer die Verbindung zwischen Bassin und Kammer her und kann geöffnet oder geschlossen werden durch die Schütze *A*. Diese ist fest verbunden mit dem Stempel in der Kammer *B* und folgt allen Bewegungen desselben. *C* und *D* sind kleine Ventile, von denen eines immer offen steht, wenn das andere geschlossen ist. Der Canal *H* ermöglicht die Verbindung des innern Bassins mit der Kammer *B*. Die Gestänge *F* und *G* vermitteln die Verbindung der Schleusse und der Ventile mit der Maschinerie *K*. Wird durch Aufwinden das Ventil *D* geschlossen, so entleert sich die Kammer *B* durch das Ventil *C*, die Wassersäule im Bassin drückt durch *H* den Kolben in die Höhe und die Schütze öffnet sich mit leichter Nachhilfe bei *K*. Schliesst man umgekehrt dann *C* und öffnet *D*, so dringt das Wasser in die Kammer ober dem Kolben, und dieser fällt von selbst herab.

Eine sehr interessante Sammlung von Bauten inmitten des Meeres bietet sich durch eine Reihe von Leuchtturm-Modellen, deren Originale wohl meist in den letzten Jahren entstanden, doch finden sich auch einige Exemplare darunter, die bereits eine genügende Probezeit ausgestanden haben. So der von Eddystone, dreizehn Meilen von Plymouth und neun Meilen von dem nächsten Küstenpuncte entfernt. Dieser von Smeaton im Jahre 1759 in seiner jetzigen Gestalt vollendete Bau ist der erste mitten im Meere befindliche derartige steinerne Bau in Europa. Zwei Vorgänger, einer nach bloss dreijähriger Dienstzeit durch den berüchtigten Sturm von 1703 zerstört, der andere aus Holz errichtet, nach 47jährigem Trotze gegen die Wellen durch Feuer vernichtet, liessen beinahe vermuthen, dass ein böses Omen über diesem Platze hause, doch hat der letzte Bau eine solche Furcht zu schanden gemacht.

Er steigt 68' über das Hochwasser empor, wovon 12' massiv aus Mauerwerk aufgeführt sind, der obere Theil lässt Raum für Stiegen und Wohnungen. Der Durchmesser beträgt 25' an der Basis, und nimmt bis zu einer gewissen Höhe nach einer concaven Linie ab.

Nicht minder interessant ist der Thurm am Bell Rok an der schottischen Ostküste, von Robert Stevensohn 1810 vollendet. Er ist 12 Meilen von irgend bewohntem Lande entfernt und steht auf einem Felsen, während der Fluth 12' hoch mit Wasser bedeckt. Der Bau konnte nur während der Ebbezeit geführt werden, und war daher sehr schwierig und gefährlich.

Das Modell zeigt die sämmtlichen Hilfsbauten, als eine Rollbahn am Fusse des Felsens und die Kraniche zur Beförderung der Steine sammt der Fixirung derselben. Ferner sind Quaderschichten einzeln dargestellt und detailliren den höchst complicirten Steinschnitt. Die Verschneidungen sind äusserst mannigfach, und steinerne und eiserne Verbindungen greifen oft durch mehrere Schichten. Auf dem Thurme befinden sich ausser den Leucht-Apparaten zwei grosse Glocken, welche bei düsterm Wetter als Signale dienen.

Dem Princip nach wenig, jedoch durch seine viel massenhaftere Construction von letzterem verschieden ist der Leuchthurm von Skerriforri, 138' über dem Hochwasser aufsteigend, 42' an der Basis, 16' an der Spitze im Durchmesser, erbaut von Allan Stevensohn und zum ersten Male beleuchtet 1838.

Eine ausgebreitete Thätigkeit hat der Ingenieur James Walker entwickelt, da im Verlaufe von wenigen Jahren bei zwanzig Leuchtpuncten seinen Projecten ihr Auftauchen verdankten. Sie stehen theils im Meere auf einzelnen Riffen wie die vorigen, theils auf grösseren Inseln oder Felsen an der Küste. Meist aus Steinquadern, rund und mit concaver Ausenlinie errichtet, unterscheiden sie sich nur durch Dimensionen der Höhe und des Durchmessers. Einer der kühnsten ist der am Bishopsrok. Das Licht strahlt seinen Glanz in einer Höhe von 110' über den Springfluthen aus. Der Thurm ist bis auf  $\frac{1}{2}$  massiv und enthält in den obern Stockwerken die nöthigen Räumlichkeiten und am Gipfel eine aus Eisen und Glas bestehende Laterne für den Apparat. Als Beweis, welch unberechenbaren Angriffen ein solcher Bau zu widerstehen hat, wurde ein Stück einer drei Centner schweren Glocke mit ausgestellt, welche 100' über den Springfluthen befestigt, in einer heftigen Sturmesnacht von den Wellen erfasst und in die Tiefe gerissen wurde. Dieses Stück wurde andern Tages am Fusse des Felsens aufgefunden.

Der Leuchthurm von Smalls trägt sein Licht 146' über der See.

Bei den Küstenthürmen sind oft die künstlichen Zugänge bemerkenswerth; so wurde am südlichen Bishoprok sogar ein kleiner Kettensteig errichtet, um eine tiefe Schlucht zu passiren.

Die Thürme von Airpont, Gunfleed und Mopliinsand, welche aus weiten Sandebenen emporsteigen, sind vollständig aus Eisen construirt. Der erstere ruht auf neun Säulen, die 12' unter dem Terrain in hülsenartige Verbreiterungen enden. Die beiden andern, auf je sieben Säulen fussend, enden in die Mitchell'sche Patent-Sandschraube in einer Tiefe von 40 und resp. bei dem kleineren 14'.

Diese Schraube besteht aus einigen Windungen von Eisenblech bei einem Durchmesser von 8', so eine genügende Oberfläche herstellend.

Ein Beispiel secundärer Beleuchtung ist bei der Stornwaybay ausgeführt. Es handelte sich hier, obwohl an der Küste ein Leuchthurm existirt, die Einfahrt genau zu bezeichnen. Es genügte hiebei, wenn man nur in einer bestimmten Richtung einen starken Lichtstrahl hatte, und man errichtete daher keinen selbstständigen leuchtenden Thurm, sondern baute auf einem Felsen 600' entfernt vom Land einen Pfeiler, auf dessen Spitze man einen Kasten mit einer Reihe von verticalen Glasprismen stellte, die alle in einer geraden Linie stehen. Das Licht wird durch die Prismen von dem eigentlichen Leuchthurm her aufgefangen, und in der verlangten Richtung mit einer Kraft hinausgeworfen, die hinreichend ist, es bis auf  $1\frac{1}{2}$  Meilen sichtbar zu machen, so dass der zu erzielende öconomische Effect vollkommen erreicht wurde.

Bei den maritimen Bauten, insbesondere bei der Fundirung derselben, spielen eine wichtige Rolle die Tauch-Apparate.

Wenn auch der Gebrauch der ursprünglichen Taucherglocke abgenommen hat, wenn sie vermöge ihrer Unbequemlichkeit und umständlichen Handhabung durch andere Apparate verdrängt worden ist, befindet sich doch ein Modell in der Ausstellung, bei welchem sie nicht ohne Vorthail angewendet wurde.

Lawrence benützt sie zum Versetzen von Quadern unter Wasser. Diese sind unter der Glocke befestigt, während sie selbst an einem gewöhnlichen Kranichgerüste mit Bewegung in zwei Richtungen hängt. Verbesserungen, die hierbei angewendet wurden, sind: Ein Sicherheits-Ventil bei der Mündung des Luftschlauches in die Glocke, das sich augenblicklich schliesst, sobald die Röhre in irgend einer Weise eine Beschädigung erleiden sollte. Ferner ein Signal-Apparat. Er besteht aus einer am Schiffe angebrachten Welle mit Zahnrad, welches letztere gegen eine Feder schlägt, und hiedurch Geräusch verursacht. Um die Welle ist mehrfach ein Strick gewunden, dessen eines Ende zur Glocke geht, während an dem andern ein Gewicht hängt, so eine fortwährende Spannung erhaltend und Missverständnisse vermeidend.

Eine andere Verbesserung der Taucherglocke beabsichtigt Mallefert. Eine Röhre, von der Glocke bis zur Oberfläche des Wassers reichend, kann durch Ventile geschlossen werden, und gestattet so eine Communication ohne Bewegung der Maschine. Die eigentliche Arbeitskammer umgibt eine zweite, die mit verdichteter Luft gefüllt ist. Sie dient einerseits als Reservoir, wenn die gewöhnliche Luftzuführung in irgend einer Weise unterbrochen würde, und andererseits zum selbstständigen Bewegen der Glocke durch Entweichenlassen eines Theiles derselben.

Von viel grösserer Wichtigkeit für die Jetztzeit jedoch sind die selbstständigen Tauch-Apparate, von denen in der englischen Abtheilung vier vollkommene Anzüge sammt den erforderlichen Nebengegenständen durch ebensoviele Fabriken ausgestellt waren.

Die Hauptsache ist immer ein von den Schultern bis zu den Füßen reichendes wasserdichtes Gewand, welches aus mehr oder minder leichtem Stoff gefertigt ist. Nur die Hände sind frei gelassen, und starke Gummibänder an denselben verhindern den Eintritt des Wassers in das Kleid. Ein metallenes Bruststück ist so vorgerichtet, dass die Enden des Stoffes wasserdicht zwischen den Rahmen seines Umfanges eingeklemmt und mit Schrauben befestigt werden können. Ein Helm mit verglasten Löchern für die Augen und Luftschlauch vollendet das Costüm, und wird auf das Bruststück entweder durch Schraubenwindungen, oder durch eine Art Bajonnet-Verschluss befestigt. Ausserdem haben sie noch ein Ventil, durch welches die ausgeathmete Luft entweichen kann.

Siehe, dem ersten Erfinder des Taucherhelmes und auch des ganzen Anzuges, gebührt das Verdienst, auch jetzt in fortwährenden Verbesserungen den ersten Rang einzunehmen. Durch eine segmentartige Schraube im Nacken ist es dem Taucher möglich, den Kopf um  $\frac{1}{2}$  Wendung zu drehen. Ein Ventil an der Mündung des Schlauches verhindert das Eintreten von Wasser beim Bruche des letzteren. Die Luftröhren

sind mit Drahtwindungen versehen, und daher nicht leicht zu beschädigen. Ferner ist die Luftpumpe mit Wasser umgeben, um jede zu starke Erhitzung und in Folge dessen irgend einen Kolben- oder Axenbruch zu vermeiden.

Scott bringt über den vergitterten Augenlöchern Kautschukklappen an, die bei dem Bruche eines Glases heruntergelassen werden können, und so einen Verschluss herstellen.

Gebrüder Heinke stellten nebstbei eine Lampe zum unterseeischen Gebrauch aus. Sie wird durch einen separaten Luftschlauch gespeist.

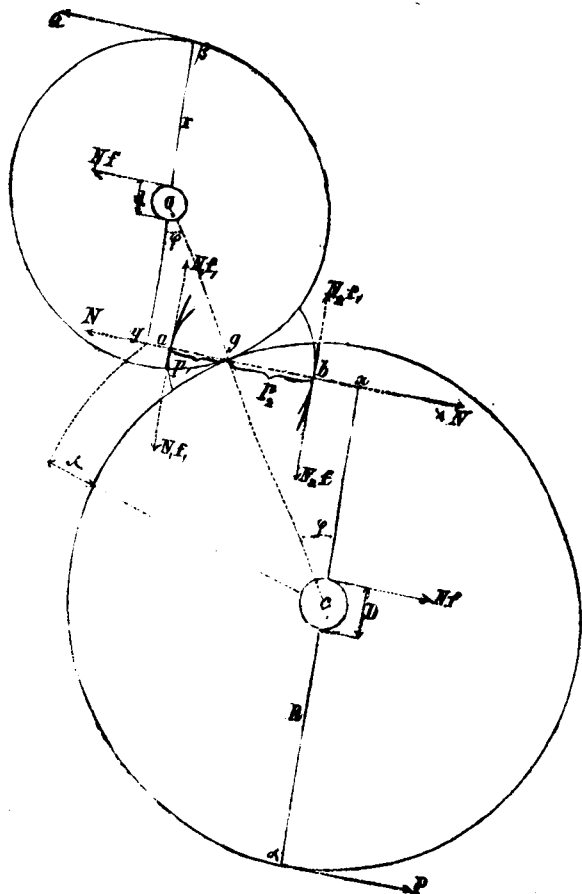
Barnett hat eine Vorrichtung an der Luftpumpe, welche in jedem Augenblicke die Tiefe des Tauchers erkennen lässt, und auch momentan irgend einen Unfall oder sonstige Unterbrechung anzeigt. Auch Barnett hat die Pumpenstiefel mit Wasser umgeben. —

(Fortsetzung folgt.)

### Ueber Reibung der Zahnräder.

Rücksichtlich der Grundeigenschaft aller Verzahnungen, dass die Normale der abwechselnden Zahnberührung unausgesetzt durch den Gemeinschaftspunkt der Theilkreise gehen müsse, hat man zur Ausmittlung des Reibungs-Widerstandes bei zwei ineinandergreifenden Zahnrädern  $R$  und  $r$ , welche auf den Axen  $D$  und  $d$  sitzen, durch den Berührungspunkt  $g$  der Theilkreise zu den Berührungspunkten  $a$ ,  $b$  des obern und untern Eingriffs die Normalen  $p_1$  und  $p_2$  zu ziehen und dann nach statischen Gesetzen die Gleichgewichts-Relationen der einwirkenden Kräfte näher zu bestimmen.

Sind  $P$  die Triebkraft und  $Q$  die zum Gleichgewicht nöthige Widerstandskraft, welche in den Theilkreisen wirkend zwischen den Zähnen, so wie auf den Axen den Druck  $N$



erzeugen, so kann man, wenn durch die Rad-Mittelpunkte  $c$  und  $o$  senkrecht auf die Eingriffs-Normalen und zur Mittelpuncts-Linie  $co$  unter dem Winkel  $\varphi$  die wirksamen Hebel-Abstände  $acx$  und  $boy$  gezogen werden, die Gleichgewichts-Beziehungen der Zahnräder wie folgt feststellen.

Nimmt man den obern Eingriff als allein vorhanden an, so hätte  $P$  am Hebelarm  $R$  dem Druck zwischen den Zähnen  $N_1$  am Hebelarm  $cx = R \cos \varphi_1$  nebst der Axen-Reibung  $N_1 f$  am Halbmesser  $\frac{D}{2}$ , so wie jener  $N_1 f_1$  zwischen den Zähnen am Hebel  $gx + p_1 = R \sin \varphi_1 + p_1$  das Gleichgewicht zu halten, und  $N_1$  am Halbmesser  $oy = r \cos \varphi_1$  unterstützt von der Zahnreibung  $N_1 f_1$  am Hebelsarm  $r \sin \varphi_1 - p_1$ , der Widerstandskraft  $Q$  am Halbmesser  $r$  mehr  $N_1 f$  im Abstände  $\frac{d}{2}$  statisch zu entsprechen, wodurch die Gleichungen für einseitigen Eingriff:

$$PR = N_1 R \cos \varphi_1 + N_1 f \frac{D}{2} + N_1 f_1 (R \sin \varphi_1 + p_1),$$

$$Qr = N_1 r \cos \varphi_1 + N_1 f_1 (r \sin \varphi_1 - p_1) - N_1 f \frac{d}{2}$$

entstehen.

Unter Annahme eines nur unten vorhandenen Eingriffes würden nach denselben Principien, weil hierbei  $N_2 f_1$  zu Gunsten von  $P$  so wie auch von  $Q$  auftritt, die Gleichungen

$$PR = N_2 R \cos \varphi_2 + N_2 f \frac{D}{2} - N_2 f_1 (R \sin \varphi_2 - p_2),$$

$$Qr = N_2 r \cos \varphi_2 - N_2 f_1 (r \sin \varphi_2 + p_2) - N_2 f \frac{d}{2}$$

strenge Geltung besitzen.

Diese Relationen zeigen durch ihre gegenseitigen Quotienten, dass  $N$  im untern Eingriff etwas grösser als im obern Eingriff ausfällt. Dieses Ergebniss weist uns an, zur Erzielung gleicher Zahn-Abnützung die Zahn-Eintritte in den Vor-Eingriff durch Zusammenwirkung mit dem Nach-Eingriff zu schützen.

Entwickelt man ferner durch Darstellung von

$$1 - \frac{Q_1}{P} = \frac{P - Q_1}{P} = \frac{F_1}{P}$$

die veränderlichen Reibungs-Widerstände des obern Eingriffs

$$\begin{aligned} \frac{F_1}{P} &= 1 - \frac{\cos \varphi_1 - f_1 \frac{p_1}{r} - f \frac{d}{2r} + f_1 \sin \varphi_1}{\cos \varphi_1 + f_1 \frac{p_1}{R} + f \frac{D}{2R} + f_1 \sin \varphi_1} = \\ &= \frac{f_1 \left( \frac{p_1}{R} + \frac{p_1}{r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\cos \varphi_1 + f_1 \frac{p_1}{R} + f \frac{D}{2R} + f_1 \sin \varphi_1}, \end{aligned}$$

so wie jene des untern Eingriffs

$$\begin{aligned} \frac{F_2}{P} &= 1 - \frac{\cos \varphi_2 - f_1 \frac{p_2}{r} - f \frac{d}{2r} - f_1 \sin \varphi_2}{\cos \varphi_2 + f_1 \frac{p_2}{R} + f \frac{D}{2R} - f_1 \sin \varphi_2} = \\ &= \frac{f_1 \left( \frac{p_2}{R} + \frac{p_2}{r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\cos \varphi_2 + f_1 \frac{p_2}{R} + f \frac{D}{2R} - f_1 \sin \varphi_2}, \end{aligned}$$

so ersieht man daraus, dass die Zahnreibung, welche aus der nacheinander folgenden Wirkung beider Eingriffe entsteht, zwischen  $F_1$  und  $F_2$  liegen, und, wenn  $p$  den Mittelwerth



zwischen  $p_1$  und  $p_2$ , so wie  $\varphi$  jenen zwischen  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$ , bezeichnet, den zulässigen Werthen des Ausdruckes

$$\frac{F}{P} = \frac{f_1 \left( \frac{p}{R} + \frac{p}{r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\cos \varphi + f_1 \frac{p}{R} + f \frac{D}{2R}}$$

gleich sein müsse \*).

Da in der Regel zur Gewinnung starker Zähne Vor- und Nach-Eingriff verbunden angewendet werden, so sind auch für die Reibung der üblichen Zahnräder, weil hierbei  $N$  wegen Ausgleichung des Druckes durch die Bewegung im Vor- und Nach-Eingriff nahe gleich wird, und die Winkel  $\varphi$  beider Eingriffe wegen ihrer geringen Abweichung als übereinstimmend angesehen werden können, die summirten Gleichungen:

$$P = N \cos \varphi + Nf \frac{D}{2R} + Nf_1 (p_1 + p_2) \frac{1}{2R},$$

$$Q = N \cos \varphi + Nf \frac{d}{2r} - Nf_1 (p_1 + p_2) \frac{1}{2r}$$

strenge massgebend.

Aus denselben entwickelt sich in einer mit den frühern Ergebnissen übereinstimmenden Weise gemäss

$$1 - \frac{Q}{P} = \frac{P - Q}{P} = \frac{F}{P},$$

die Relation:

$$\frac{F}{P} = \frac{f_1 (p_1 + p_2) \left( \frac{1}{2R} + \frac{1}{2r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\cos \varphi + f \frac{D}{2R} + f_1 (p_1 + p_2) \frac{1}{2R}},$$

welche den Verlust an Druck gewöhnlicher im Eingriff befindlicher Zahnräder für jeden Augenblick angibt.

Zu demselben Resultate gelangt man, wenn man zum Reibungs-Widerstande des Vor-Eingriffs den Widerstand im Nach-Eingriff addirt und die halbe Summe als wirklichen Verlust betrachtet.

Vergleicht man diese allgemein gültige Gleichung mit den ersteren Ergebnissen, so gewinnen wir aus den Vorder-Gliedern der Zähler die Ueberzeugung, dass bei einer gegebenen Eingriffslänge die Benützung des Ueber-Eingriffs (Gesamteingriffs) die Zahnreibung wesentlich herabsetzt.

Wie gross deren durchschnittlicher oder wahrer Werth ist, ermittelt man rücksichtlich der von  $p_2$  bis 0 und von 0 bis  $p_1$  erfolgenden Aenderungen der Eingriffe, wenn man statt  $(p_1 + p_2)$  ihren mittleren Werth  $= \frac{p_1 + p_2}{2}$  und für  $\varphi$  den mittleren Eingriffs-Winkel  $\varphi_m$  in die letzte für Verstärkungs-Eingriff allgemein gültige Gleichung substituirt.

Der wirkliche Reibungs-Widerstand gewöhnlich eingreifender Zahnräder ist demnach, wenn  $\left( \frac{p_1 + p_2}{2} \right) = s$  gesetzt wird, mittelst der Formel

$$\frac{F}{P} = \frac{f_1 \left( \frac{s}{2R} + \frac{s}{2r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\cos \varphi_m + f \frac{D}{2R} + f_1 \frac{s}{2R}}$$

zu berechnen.

Daraus kann man entnehmen, dass die Zahnreibung mit der Vergrösserung von  $s$  wächst, und dass bei einem anzu-

ordnenden Eingriff neuer Räder dem Constructeur Mittel zu Gebote stehen, durch zweckmässige Bestimmung der Werthe von  $s$  und  $\varphi$  den Reibungs-Widerstand auf das geringste Maass herabzubringen. Je kleiner  $s$  und  $\varphi_m$  angewendet werden, um so unbedeutender fällt der Eingriffs-Widerstand aus.

Für den Eingriff eines Rades mit einer Zahnstange ist  $r = \infty$  und  $R = r$  zu setzen, wofür

$$\frac{F_2}{P} = \frac{f_1 \frac{s}{2r} + f \frac{d}{2r}}{\cos \varphi_m} \text{ wird.}$$

Fragt man, wann  $F = 0$  würde; so ergibt sich aus

$$f_1 \left( \frac{s}{2R} + \frac{s}{2r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right) = 0,$$

dass  $f_1$  negativ werden müsste. Verlangt man hingegen zu erfahren, wann  $F = P$  werden könnte, so findet sich, dass gemäss

$$f_1 \left( \frac{s}{2R} + \frac{s}{2r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right) = \cos \varphi_m + f \frac{D}{2R} + f_1 \frac{s}{2R},$$

$$\cos \varphi_m = f_1 \frac{s}{2r} + f \frac{d}{2r},$$

oder  $d$  nebst  $s$  sehr gross zu halten wäre.

Bei innerhalb einander wirkenden Zahnrädern ist die Zahnreibung in Folge ihres etwas kleinern Eingriffs-Winkels  $\varphi_m$  kaum erkennbar niedriger.

Bezüglich des Zusammenhanges zwischen  $s$  und  $\varphi_m$  ist zu erwähnen, dass bei Cycloidal-Verzahnungen, wo  $p_1$  und  $p_2$  nahe gleich sind, immer  $s = r \sin \varphi$  und bei Evolventen-Verzahnungen meistens  $\frac{1}{2}s = r \sin \varphi$ , mithin  $\sin \varphi$  einmal  $= \frac{s}{r}$ , und das andere Mal  $= \frac{1}{2} \times \frac{s}{r}$  ist.

Nun ist

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = \sqrt{1 - \frac{s^2}{r^2}}; \text{ daher ist nahezu:}$$

für Cycloidal-Verzahnungen:

$$\cos \varphi_m = \sqrt{1 - \frac{s^2}{(\frac{1}{2}r)^2}} = \sqrt{1 - \frac{9}{16} \cdot \frac{s^2}{r^2}},$$

und für Evolventen-Verzahnungen:

$$\cos \varphi_m = \sqrt{1 - \frac{16}{9} \cdot \frac{s^2}{r^2}}.$$

Für den Fall, wo man ohne Rücksicht auf ungünstige Abnützung die ganze Eingriffslinie bei kleinstem Eingriffs-Winkel benützen wollte, wäre bei Evolventen-Rädern

$$\cos \varphi_m = \sqrt{1 - \frac{s^2}{r^2}}$$

zu erlangen.

Durch Einführung dieser Beziehungen in die Hauptgleichung bekommt man

$$\frac{F_a}{P} = \frac{f_1 \left( \frac{s}{2R} + \frac{s}{2r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\sqrt{1 - \frac{9}{16} \cdot \frac{s^2}{r^2}} + f \frac{D}{2R} + f_1 \frac{s}{2R}}$$

für Cycloidal-Eingriffe, und

$$\frac{F_b}{P} = \frac{f_1 \left( \frac{s}{2R} + \frac{s}{2r} \right) + f \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right)}{\sqrt{1 - \frac{16}{9} \cdot \frac{s^2}{r^2}} + f \frac{D}{2R} + f_1 \frac{s}{2R}}$$

für Evolventen-Räder, welche, blos von  $s$  abhängig, zeigen, dass man bei Evolventen-Rädern einen etwas kürzern Eingriff an-

\*) Gewöhnlich findet man den Verlust mit dem unverzehrt gebliebenen Reste verglichen.

wenden müsse, um den gleichen Reibungs-Widerstand wie bei Cycloidal-Verzahnungen zu erlangen. Ob in der gegebenen Eingriffs-länge eine, zwei oder mehrere Theilungen der Räder in Wechselwirkung stehen, ist für den Werth der Reibung ziemlich gleichgiltig, da bei mehreren Theilungen Eingriff durch Vertheilung des Druckes auf mehrere Punkte bloss eine grössere Schonung der Zähne herbeigeführt, der durch die Reibung erzeugte Verlust aber in Folge der eben so vielfachen Vergrößerung des Reibungsweges nicht geändert wird.

Wie viel Theilungen überhaupt im Eingriff stehen, bestimmt die Zahnoberhöhe  $\lambda$  und die Zähnezah, durch deren Einführung

$$(R + \lambda)^2 = (R + r)^2 + (r \cos \varphi)^2 - 2(R + r)r \cos \varphi \cdot \cos \varphi, \\ (2R + r + \lambda)(r - \lambda) = r \cos^2 \varphi \cdot (2R + r), \text{ somit:}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{\left(1 - \frac{\lambda}{r}\right) \left(1 + \frac{\lambda}{2R + r}\right)}$$

oder, wenn  $\frac{1}{2R + r}$  als unbedeutend vernachlässigt wird,

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \frac{\lambda}{r}} \text{ wird, wonach sich die halbe Eingriffs-länge } s$$

durch  $r \sin \varphi = r \sqrt{\frac{\lambda}{r}}$  ausdrückt und die letztbestimmten Gleichungen folgende Zusammensetzung:

$$\frac{F_a}{P} = \frac{f_1 \sqrt{\frac{\lambda}{r}} \left(\frac{r}{2R} + \frac{1}{2}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{9}{16} \cdot \frac{\lambda}{r}} + f_1 \frac{r}{2R} \sqrt{\frac{\lambda}{r}} + f \frac{D}{2R}}$$

$$\frac{F_b}{P} = \frac{f_1 \sqrt{\frac{\lambda}{r}} \left(\frac{r}{2R} + \frac{1}{2}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{16}{9} \cdot \frac{\lambda}{r}} + f_1 \frac{r}{2R} \sqrt{\frac{\lambda}{r}} + f \frac{D}{2R}}$$

annehmen.

Die Reibung schon ausgeführter Zahnräder ist nach diesen Formeln durch Substitution der Abmessungen auszumitteln.

Wirkt die Triebkraft am kleineren Rade, so hat man die schon der ursprünglichen Gleichung zukommenden  $R$  und  $r$  nebst  $D$  mit  $d$  zu verwechseln, woraus sich folgende Beziehung

$$\frac{f_a}{P} = \frac{f_1 \sqrt{\frac{\lambda}{r}} \left(\frac{r}{2R} + \frac{1}{2}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{9}{16} \cdot \frac{\lambda}{r}} + f_1 \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{r}} + f \frac{d}{2r}}$$

für Cycloidal-Räder bildet, die durch ersichtliche Vergrößerung ihres Nenners bei ungeändertem Zähler zeigt, dass der Verlust bei dieser Wirkungsart um äusserst wenig kleiner ausfällt.

Die geringste Zahnreibung entspricht der kürzesten Eingriffs-dauer, und um diese zu erlangen, muss  $\lambda$  so beschaffen sein, dass die halbe Eingriffs-linie  $s$  mindestens eine halbe Theilung  $\frac{T}{2}$  ausmacht, wofür man, gestützt auf die Zähnezah-

len  $M$  und  $m$ , zufolge  $s = \frac{T}{2} = \frac{R\pi}{M} = \frac{r\pi}{m}$  die Resultate durch:

$$\frac{F_c}{P} = \frac{f_1 \frac{\pi}{2} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{9}{16} \frac{\pi^2}{m^2}} + \frac{\pi f_1}{2M} + f \frac{D}{2R}}$$

oder, genügend genau:

$$\frac{F_c}{P} = \frac{f_1 \frac{8}{5} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{6}{m^2}} + \frac{8}{5} \frac{f_1}{M} + f \frac{D}{2R}}$$

$$\frac{F_c}{P} = \frac{f_1 \frac{\pi}{2} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{16}{9} \frac{\pi^2}{m^2}} + \frac{\pi}{2} \frac{f_1}{M} + f \frac{D}{2R}}, \text{ oder}$$

$$\frac{F_c}{P} = \frac{f_1 \frac{8}{5} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) + f \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{18}{m^2}} + \frac{8}{5} \frac{f_1}{M} + f \frac{D}{2R}}$$

ausgedrückt erhält.

Wollte man noch genauer vorgehen, so müsste man zu der eben ausgemittelten Reibung noch die Reibung

$$f \frac{G}{2P} \left(\frac{D}{2R} + \frac{g}{G} \cdot \frac{d}{2r}\right),$$

welche die Rädergewichte  $G$  und  $g$  erzeugen, hinzufügen.

Setzt man übereinstimmend mit Redtenbacher und Weisbach

$f_1 = \frac{1}{8}$  und  $f = \frac{1}{18}$ , so erhält man die Schlussgleichungen

$$\frac{F_1}{P} = \frac{\frac{1}{5} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) + \frac{1}{18} \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{6}{m^2}} + \frac{1}{5M} + \frac{1}{18} \frac{D}{2R}}$$

für Cycloidal-Räder,

$$\frac{F_2}{P} = \frac{\frac{1}{5} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) + \frac{1}{18} \left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{18}{m^2}} + \frac{1}{5M} + \frac{1}{18} \frac{D}{2R}}$$

für Evolventen-Räder, welche den geringsten Reibungs-Widerstand durch die Zähnezahlen  $M$  und  $m$ , durch die Radhalbmesser  $R$  und  $r$ , und die Axenhälse  $D$  und  $d$  ausgedrückt angeben.

Auf ein practisches Beispiel angewendet findet man, dass bei einem Walzwerk, dessen gleiche Zahnräder auf den Axen  $D = d = r = R$  sitzend 15 Zähne haben, die geringste Eingriffs-Reibung

$$F_1 = P \cdot \frac{\frac{1}{5} \cdot \frac{2}{15} + \frac{1}{18}}{\sqrt{1 - \frac{2}{75} + \frac{1}{75} + \frac{1}{36}}} = P \cdot \frac{0,0823}{1,027}, \text{ rund } 0,08 \cdot P$$

betragen könnte, während der wirkliche Verlust in Folge des Verhältnisses  $\frac{\lambda}{r} = \frac{1}{7}$ :

$$F_a = P \cdot \frac{\frac{1}{8} \sqrt{\frac{1}{7} + \frac{1}{18}}}{\sqrt{1 - \frac{9}{16} \cdot \frac{1}{7} + \frac{1}{16} \sqrt{\frac{1}{7} + \frac{1}{36}}}} = P \cdot \frac{0,1029}{1,0115},$$

rund  $0,1 P$  ausmacht.

Prüft man, angeregt durch die vorliegenden Bruchzahlen, die bloss von  $\lambda$  abhängigen Nenner der Reibungs-Gleichungen in Beziehung zu gewöhnlichen Zahnrädern, so zeigt sich, dass, besondere Fälle ausgenommen, alle ange-

wandten Verhältnisse von  $\frac{\lambda}{r}$  zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{35}$  stehen. Da nun für diese Grenzen des Nenners Vordertheil

$$\sqrt{1 - \frac{9}{16} \cdot \frac{\lambda}{r}} + \frac{1}{16} \cdot \frac{r}{R} \sqrt{\frac{\lambda}{r}}$$

äusserst wenig von 1 abweicht, so ist man mit Rücksicht auf die günstige Nachbesserung durch die stets kleine Relation  $\frac{1}{36} \cdot \frac{D}{R}$  berechtigt, die geringfügigen Abweichungen übergehend, den Nenner = 1 vorzusetzen, und den Reibungs-Widerstand gewöhnlicher nach Epicycloiden verzahnter Räder durch die vereinfachte Gleichung

$$\frac{F_a}{P} = \frac{1}{8} \sqrt{\frac{\lambda}{r}} \left( \frac{r}{2R} + \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{18} \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right),$$

und ihren kleinsten Werth, wenn das Lastrad mehr als eilf Zähne besitzt, durch

$$\frac{F_1}{P} = \frac{1}{5} \left( \frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right) + \frac{1}{18} \left( \frac{D}{2R} + \frac{d}{2r} \right) \text{ zu berechnen.}$$

Auf Evolventen-Räder sind diese Endgleichungen erst dann anwendbar, wenn  $\frac{\lambda}{r}$  unter  $\frac{1}{18}$  liegt, oder im kleineren Rade sich mindestens 18 Zähne befinden.

Sowie aus den früheren Bestimmungen, ist auch aus diesen Endgleichungen zu ersehen, dass der Reibungs-Widerstand mit Zunahme der Zähnezahlen abnimmt, dass also eine grössere Zähnezahl oder eine feinere Theilung der Räder zur Schonung der Arbeitskraft vortheilhaft ist.

Redtenbacher entwickelt unter Voraussetzung zweier Theilungen Eingriff  $\frac{F}{Q} = f_1 \pi \left( \frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right)$ , während Weisbach auf die virtuelle Geschwindigkeit basirt, und unter gleicher Annahme  $\frac{F}{P} = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right)$  ableitet.

Diese seit lange als Verlust bekannten Beziehungen stehen mit den vorerlangten Vereinfachungen in Uebereinstimmung. Sie lassen sich, angewandt auf die Verzahnung einer Schraubenschiffs-Maschine, bei welcher

$$\frac{\lambda}{r} = \frac{1}{16}, \quad \frac{d}{r} = \frac{1}{3}, \quad \frac{D}{R} = \frac{1}{6} \text{ und } \frac{r}{R} = \frac{28}{70} = \frac{2}{5} \text{ ist,}$$

mittels Gegenstellung der unter Benützung des Nenners und ohne demselben erhaltenen Werthe 0,0366 P und 0,036 P, als zweckmässig rechtfertigen.

Auf dieses vortheilhafte, aus verbreiteten Verhältnissen abgeleitete Resultat hin müssen die Verzahnungen hinsichtlich ihres Reibungs-Widerstandes, besonders wenn die Räder im Vergleich zu ihren Axenhälsen gross sind und viele Zähne haben, als vorzügliche Anordnungen zur Uebertragung vorhandener Arbeits-Leistungen angesehen werden.

A n t. H l u b e k.

## Bemerkungen und Berichtigungen

zu Herrn Julius v. Hauer's Kritik der Abhandlung:

Ueber Verbesserungen in der Construction und im Gebrauche des Woltmann'schen hydrometrischen Flügels, von

L. G. Treviranus.

Herr Julius von Hauer hat im Jahrgange 1861, Heft 4 — 7 der allgemeinen Bauzeitung von L. Förster eine Kritik meiner oberwähnten Abhandlung, so wie im Jahrgange 1862 der Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins (VI. Heft, S. 116) einen auf dieselbe bezüglichen Aufsatz unter dem Titel: „Ueber Woltmann's Flügel und Treviranus verbesserte Mess-Methode mit diesem Instrumente“ veröffentlicht, deren Inhalt mir zu einigen Bemerkungen und Berichtigungen Anlass gibt.

Der Ueberschrift des letzteren Aufsatzes zufolge wird wohl zugegeben, dass ich Verbesserungen in dem Gebrauche des Flügels, nicht aber auch in der Construction desselben gemacht habe, also insofern, was v. Hauer schrieb, eine meinen Mittheilungen nicht vortheilhafte Kritik genannt werden kann, obgleich Erstere ohne die Letztere gar nicht zulässig ist. Dem entgegen sind zu meinem Gunsten zwei fragliche Punkte zu erledigen.

A. Ob mir die Priorität der Erfindung, Ausführung und Anwendung der windschiefen schraubenartigen, sich bis zum Centrumstück erstreckenden und unmittelbar daran befestigten Flügelplatten, wie sie in der Schrift auf Blatt I Fig. 4 abgebildet sind, gebührt?

B. Ob durch diese von der Woltmann'schen geradezu ganz verschiedene Form der Flügelplatten, in der Empfindlichkeit des Flügels, namentlich, um auch geringe Stromgeschwindigkeiten proportional den gleichzeitigen Flügelumläufen messen zu können, eine Verbesserung erzielt worden ist?

Zu A. Bei Abfassung des Manuscriptes zu der Schrift wollte es mir nicht gelingen, ein aus Bremen herrührendes, Nr. 5 bezeichnetes Notizen-Buch aufzufinden, wesshalb ich Einiges aus dem Gedächtnisse niederschreiben musste und desshalb in der Schrift einige, wiewohl nicht wesentliche Unrichtigkeiten enthalten sind.

Als verlässlich muss übrigens dem obigen wieder aufgefundenen Buche zufolge angenommen werden, dass unter den beiden hydrometrischen Flügeln, welche ich jetzt noch besitze (und welche beide in neuerer Zeit auch in den Händen des österr. Ingenieur-Vereins in Wien waren), der kleinere schon entweder vom Ende des Jahres 1820 oder Anfang 1821 herrührt.

Ich habe mich bemüht, von einem oder dem andern meiner damaligen bremischen Mitbürger bestätigt zu sehen, dass ich den kleinern Flügel bis Ende 1822, wo ich Bremen verliess, vielfach zu Geschwindigkeitsmessungen auf der Weser und an Bord der Dampfschiffe benützte, aber schrieb mir ein Vetter, der Richter Dr. Wilhelm Focke, leider ist keiner der von mir Benannten noch am Leben. Dagegen findet sich hinten in dem obigen Notiz-Buche die damalige Adresse des gegenwärtigen Wasserbau-Inspectors, Herrn E. W. Schuback in Hamburg, von ihm selber aufgezeich-

net und von mir die Bemerkung hinzugefügt, dass er mich den 6. März 1822 in der Eigenschaft als Conducteur (unter R. Woltmann) auf einer hydrotechnischen Reise über Bremen nach Holland unter anderm für den Zweck besuchte, um sich meinen hydrometrischen Flügel anzusehen.

Aus einem legalisirten Auszug aus dem damaligen Tagebuche des Herrn Schuback ergibt sich jetzt zwar nur, dass er den 6. März 1822, wie es heisst, einen kleinen Woltmann'schen Flügel bei mir sah und in dem den Auszug begleitenden Schreiben sagt Hr. S.: „dass aber in den 41 Jahren das Detail des Flügels zu sehr aus seinem Gedächtnisse entschwunden, um das Fehlende ergänzen zu können.“

Wenn ich nun aber auch zu der Zeit und lange nachher meinen Flügel selber nur einen Woltmann'schen nannte, so geschah dieses bloss aus dem Grunde, dass ich einestheils noch keine erheblichen Vortheile meiner Construction über den Woltmann'schen im Gebrauche nachweisen konnte, und andernteils, weil ich im Geschäfte kein Misstrauen gegen das Neue erwecken wollte. Dass aber der Flügel, welchen Hr. Schuback in Bremen bei mir sah, kein Woltmann'scher, sondern schon der mir eigenthümliche von jetzt noch bestehender Construction\*) war, dürfte sich aus dem Folgenden unwiderleglich ergeben.

1. Zu B. Nachdem ich mich also nach der Anfertigung des kleinen Flügels zur Adjustirung desselben längere Zeit in der Umgebung von Bremen nach einem dazustossenden todtten Wasser umgesehen, auch schon mehrere Versuche angestellt hatte, die mir nicht genügten, mir aber mindestens Gelegenheit gaben, mich in dem Gebrauch des Flügels einzüben, beschloss ich in dem längs der Bürgerviehweide in südwestl. Richtung nach Bremen sich hinziehenden Torfcanal die Adjustirung abermals zu versuchen, und sie gelang, weil zur Zeit des Versuchs das Wasser sich als ein complet stillstehendes fand.

2. Die bezüglichen Versuche (s. d. Tabelle a. d. folg. Spalte oben) wurden von mir ohne alle fremde Hilfe vom rechten Ufer des Canals aus im Anfang December 1821 angestellt. Die Ueberschrift lautet: „Adjustirung meines hydrometrischen Flügels im Torfcanal bei Bremen etc.“ Die am Ufer abgemessene Länge war = 100 Fuss engl. Maass.

Im Mittel  $863 : 17 = 50,765$  Uml. in 100' Länge, ein Umg. des Flügels correspondirt demnach zu

$$\frac{100}{50,765} = 1,9699 = \text{beinahe } 1,97 \text{ Fuss englisches Maass.}$$

Dieser den 6. December 1821 berechnete Flügelwerth ist, wie aus dem obigen und andern Notiz-Büchern zu ersehen, selbst bis zum Jahre 1839 bei Messungen im Geschäfte beibehalten worden.

3. Weiter ergibt sich aus der Versuchsreihe, dass in fünfzehn Versuchen die Zahl der Umläufe nur von 50 – 51 variirte, es jedoch aus nicht bekannten Ursachen zweimal im siebenten und achten Versuch 52 Umläufe des Flügels gab.

\*) Die auch mindestens bei den engl. Seedampfern, wie ich mich im Jahre 1851 im Arsenal von Woolwich überzeugte, in Aufnahme gekommen, und wahrscheinlich auch jetzt noch im Gebrauche ist, da die Archimedische Schraube den Forderungen nicht entsprach.

Nr. des Versuches	Richtung d. Beweg. des Flügels *	Zahl d. Umläufe d. Flügels in 100 Fuss Länge	Die auf den Gang verwendete Zeit
1	gegen den Wind	51	45 Secund.
2	mit „ „	50	45 „
3	gegen „ „	51	65 „
4	mit „ „	51	60 „
5	gegen „ „	51	30 „
6	mit „ „	50	25 „
7	gegen „ „	52	25 „
8	mit „ „	52	25 „
9	gegen „ „	51	25 „
10	mit „ „	50	85 „
11	gegen „ „	50	75 „
12	mit „ „	50	20 „
13	gegen „ „	50	30 „
14	mit „ „	51	45 „
15	gegen „ „	51	20 „
16	mit „ „	51	100 „
17	gegen „ „	51	20 „

\* Mit oder gegen den Wind wurde angemerkt, weil ich glaubte es könne Einfluss auf die Umläufe haben, was sich aber in dem Canal nicht bemerkbar gemacht hat.

Werden aber unter den siebzehn Versuchen die beiden à 52 Umläufe, wie wohl erlaubt ist, als missrathen angenommen, so ist die Gesamtzahl der Umläufe

$$9 \times 51 + 6 \times 50 = 759; \text{ als mittlere Zahl ergibt sich } 759 : 15 = 50,6, \text{ und als Flügelwerth folgt } 100 : 50,6 = 1,9761 \text{ Fuss engl.}$$

Diese Zahl bitte ich zu beachten, weil weiterhin noch ein Schluss daraus gezogen werden wird.

4. Hätte ich die vorstehende Versuchsreihe schon in meiner Schrift über meine Verbesserungen des Woltmann'schen Flügels bringen können, so zweifle ich nicht, dass auch Herr v. Hauer daraus gefolgert haben würde, mein Instrument müsse doch von dem Woltmann'schen und Baumgarten'schen verschieden und vollkommener als beide construirt sein, weil bei diesen, wie man annimmt, um aus den gleichzeitigen Umläufen die Stromgeschwindigkeiten zu ermitteln, die von Bornemann und Weisbach empfohlene Corrections-Formel nicht entbehrt werden kann, dagegen bei mir ganz unnöthig oder gar nicht anwendbar ist. Denn wer getraut sich aus den in Rede stehenden Versuchen solch eine Formel abzuleiten? Die Zahl der Umläufe des Flügels war, als ich zu dem Gang längs der Wasserstrecke hundert Secunden gebrauchte, als die Geschwindigkeit desselben einen Fuss per Secunde betrug, nicht geringer als bei zwanzig Secunden Zeit, wo sie sich auf fünf Fuss per Secunde stellte. In diesem Falle lässt sich aber im Gebrauche des Flügels nicht anders rechnen, als der kleine Flügel misst Strom-Geschwindigkeiten von \*) 1 – 5 Fuss (jedenfalls auch weit darüber hinaus) proportional den gleichzeitigen Umläufen, und zu der Berechnung hat mindestens mir der constante Flügelwerth von 1,97 oder auch 1,976 in allen Fällen genügt.

5. Ich bin zwar nicht gesonnen in Abrede stellen zu wollen, dass mit Berücksichtigung der Zapfenreibung kein hydrometrischer Flügel kleine und grosse Stromgeschwindigkeiten genau proportional den gleichzeitigen Umläufen messen kann, behaupte aber auch dagegen, dass es bis jetzt gar

\*) Von 0,5 Fuss an S. 7 unten und 8 oben in dem Separat-Abdruck ist ein Irrthum und gilt mehr von dem grossen Flügel.

kein Mittel gibt, die Grundzahlen der Corrections-Formel, welche zur Verbesserung der Strom-Geschwindigkeit aus den Umläufen dienen soll, verlässlich finden zu können. Für diesen Zweck müsste zuvörderst das Zählwerk des Flügels

1) in der Art verbessert werden, dass es nicht nur die ganzen Umläufe, sondern auch Theile derselben anzugeben vermag,

2) dass, wenn vor einem Versuche das Zählwerk auf 0 gerichtet ist, von dieser Stellung im Moment der Inangsetzung des Flügels kein Verrücken des Zahnrades bloss durch den Eingriff der Schraube erfolgen kann, sondern die Drehung des Zahnrades erst gleichzeitig mit dem Flügel durch die Schraube beginnen darf, welches bis jetzt nur zufällig der Fall ist, und in Folge dessen der Flügel  $\frac{1}{2}$  Umg. zu viel oder zu wenig machen kann, wie die Versuche Art. 2 schon lehrten und die Art. 16 noch bestätigen werden.

6. Doch war es bis soweit eigentlich gar nicht meine Absicht, hier noch weitere Verbesserungen des Flügels in Vorschlag zu bringen, sondern nur der schon in so früher Zeit gemachten Verbesserung in der Construction auch Geltung zu verschaffen; was aber dazu in dem Vorangegangenen noch fehlen mag, dürfte durch das Nachfolgende ergänzt werden.

7. Was mit dem kleinen Flügel seit Ende des Jahres 1822, wo ich Bremen verliess, bis Anfang des Jahres 1832 geschah, wo ich auf den fürstlich Salm'schen Werken in Blansko bei Brünn in Mähren eine Anstellung als technischer Leiter der dortigen Maschinenfabrik erhielt, darüber ist nur zu bemerken, dass in diesen neun Jahren der Flügel ganz unverändert, wie er in Bremen war, in Westphalen, den preuss. Rheinprovinzen und preuss. Ober-Schlesien zu Wasserrad-Anlagen und was damit zusammenhing, benutzt wurde.

8. Auch bescheinigt in einem vor mir liegenden Schreiben der emeritirte fürstl. Salm'sche Ober-Verweser, Herr Brand, dass ich 1831 den kleinen Flügel, mit der von der Woltmann'schen ganz abweichenden Form der Flügelplatten, schon von Deutschland aus nach Blansko brachte und er besonders bei der Anlage der dort jetzt noch bestehenden Cylinder-Gebläse in Anwendung kam.

9. Ferner bescheinigt Herr Bauner, dermalen pensionirter fürstl. Salm'scher Hütten-Verwalter in Neisse in Nieder-Schlesien, dass er mich 1839 (nach meiner Notiz den 12. Mai 1839) assistirte, um im Bohrwerks-Graben zu Klepacow den kleinen Flügel zum zweiten und den grössern Flügel zum ersten Male zu adjustiren. Er erinnert sich auch bestimmt, dass die Platten beider Flügel die in meiner Schrift auf Blatt I Fig. 4 abgebildete Form hatten, nur der ältere Flügel im Durchmesser kleiner als der neue war.

10. In einigen der eigentlichen Adjustirung vorangegangenen Versuchen fand sich indessen, dass in dem Ober-Gerinne wegen einer Lekage am Radschützen, welche sich nicht gleich beseitigen liess, das Wasser kein vollkommen stillstehendes war. Wir kamen indessen zu dem Schluss, dass, wenn wir die Flügel in möglichst gleichen Zeiten, abwechselnd mit und gegen die Strömung führten, das Mittel aus den Umläufen doch das gleiche wie im todtten Wasser sein müsse, und demgemäss wurde im Folgenden verfahren.

Zweite Adjustirung meines kleinen hydrometrischen Flügels von  $3\frac{3}{4}$ " österr. im Durchm. im Ober-Gerinne des Bohrwerkes an Klepacow bei Blansko, bei 120 österr. Fuss Länge der Wasserstrecke, den 12. Mai 1839.

Versuchs-Nr.	die Zeiten zum Gange	Umlauf in 120' der Strecke	Richtung der Bewegung	der Flügel geführt von
1	30 Secund.	61 d. Flügels	nach Westen	Bauner
2	35 "	65 "	" Osten	
3	33 "	62 "	" Westen	
4	35 "	65 "	" Osten	Treviranus
5	35 "	61 "	" Westen	
6	30 "	64 "	" Osten	Bauner
7	30 "	61 "	" Westen	
8	30 "	65 "	" Osten	

Im Mittel  $504 : 8 = 63$  Umläufe in 120 Fuss Länge.

Werth eines Umlaufs  $120 : 63 = 1,90476'$  österr. oder nach Vega im Verh.  $= 135,1 : 140,13$  vermehrt, gibt

$$\frac{1,90476 \times 140,13}{135,1} = 1,9757 \text{ Fuss engl. Maass.}$$

In Bremen war er nach Art. 3  $= 1,9761$  Fuss engl. Maass, also in Klepacow so nahe derselbe, dass wohl nicht gezweifelt werden kann, der kleine Flügel war unverändert noch derselbe, als bei den Versuchen im Torf-Canal Anfangs December 1821.

11. Der grosse Flügel wurde wie gewöhnlich zum Anstecken an der gleichen Welle des kleinen eingerichtet, deshalb bei beiden Flügeln das Zählwerk auch das gleiche. Nur war noch, um den Flügel vom Ufer aus senkrecht ins Wasser halten zu können, über der erstern Stockhülse die obere mit dem Charnier hinzugekommen. Wegen des vergrösserten Durchmessers wurde erwartet, dass in schwachen Strömungen der grosse Flügel sich brauchbarer als der kleine zeigen würde, welches sich auch, jedoch erst weiterhin, bestätigt hat.

Adjustirung des grössern Flügels von 7" Durchmesser den 12. Mai 1839 unter den gleichen Umständen wie vor.

Versuchs-Nr.	Die Zeiten zum Gange	Umlauf in 120' der Strecke	Richtung der Bewegung	der Flügel geführt von
1	35 Secund.	60 d. Flügels	nach Westen	Bauner
2	30 "	64 "	" Osten	
3	35 "	60 "	" Westen	Treviranus
4	35 "	65 "	" Osten	
5	35 "	61 "	" Westen	Bauner
6	30 "	64 "	" Osten	

Im Mittel  $374 : 6 = 62\frac{1}{3}$  Umläufe, und Werth eines Umlaufs

$$= 120 : 62,333 = 1,925 \text{ Fuss österr. Maass,}$$

der Werth des kleinen Flügels fand sich

$$= 1,905 \text{ Fuss österr. Maass.}$$

Beide Flügelwerthe sind zum Gebrauch der Flügel auf einem Papierblättchen, welches unterschrieben ist:

Blansko 20/5 39 L. G. Tr.

verzeichnet und dem Instrumente beigelegt worden, welches sich ebenfalls in den Händen des österr. Ingenieur-Vereins befand, um auch darnach die Glaubwürdigkeit meiner Angaben in mehreren Beziehungen beurtheilen zu können.

12. Es ist zwar auffällig in den beiden Versuchsreihen, dass die beiden Werthe eines Flügelumlaufes, trotz der so verschiedenen Durchmesser, sich so nahe gleichstellen, die Sache erklärt sich aber aus dem Umstand, dass bei dem grossen Flügel die Stosswinkel vom Centrum-Stück bis zu

3 $\frac{3}{4}$ " Durchm. oder 1 $\frac{1}{2}$ " Radius nahe dieselben als bei dem kleinen Flügel sind, bei den über 1 $\frac{1}{2}$ " Radius hinausliegenden Winkeln, deren Tangenten sich aber wie die Radien verhalten, oder sollten.

13. Bei der Vergrößerung des Flügeldurchmessers war der Zweck also nicht, den Flügelwerth zu verändern, sondern nur die Reibung der Flügelwelle in ein kleineres Verhältniss zu der bewegenden Kraft bei schwachem Strom zu bringen. Dass dieser Zweck aber erreicht wurde und der grosse Flügel empfindlicher als der kleine ist, dürfte sich aus den seit den Jahren 1839 bis in neuerer Zeit damit angestellten Versuchen ergeben.

14. Schon in meiner Schrift: „Ueber Verbesserungen etc.“ finden sich in dem Separat-Abdruck, S. 24, Spalte 2, in der ersten Reihe Versuche, welche den 25. Juni 1856 in dem todtten Wasser des Bassins der Karthause bei Brünn mit dem grossen Flügel und in Gemeinschaft mit dem hiesigen Zimmermeister Leopold Marek angestellt wurden. Diesen Versuchen kann, wie ich selber zugebe, zur Last gelegt werden, dass die Geschwindigkeit der geradlinigen Bewegung des Flügels in dem Wasser nicht klein genug war, um daraus auch auf das Verhalten des Flügels unter einem Fuss Geschwindigkeit einen verlässlichen Schluss ziehen zu können.

15. Ich entschloss mich demnach, diese Versuche in Gemeinschaft mit dem hiesigen Professor der technischen Lehr-Anstalt, Hrn. Georg Beskiba, in dem gleichen Wasser zu wiederholen, wo nöthig die frühern Zahlen zu berichtigen und das Fehlende zu ergänzen. Den Flügel führte ich in allen Versuchen selber, die Zeiten berechnete in den ersten Marek und in den zweiten Beskiba.

16. Die neuesten Versuche vom 27. August 1861 stimmen indessen mit den ältern vom 25. Juni 1856 so gut überein, dass in der wieder 84 Fuss langen Wasserstrecke die Flügelumläufe auch nur zwischen 43 und 44 variirten, wesshalb ich beide Reihen als eine zusammengehörige betrachte, die ältern Versuche mit den gewöhnlichen und die neuesten mit römischen Zahlen bezeichne, sie auch so zusammenstellen werde, dass die Geschwindigkeit in wachsender Progression zunimmt, obgleich unter 0,6 Geschwindigkeit nicht zu kommen war, weil der Fussweg sich dazu zu uneben fand.

Im Mittel  $855,5 : 19 = 43,447$  Umläufe und Werth eines Umlaufs

$84 : 43,447 = 1,933$  Fuss österr. Maass.

Es ergibt sich aus diesen mit möglichster Sorgfalt von mir angestellten neunzehn Versuchen, dass, obgleich in der Nr. VIII, IV und I, wo die Geschwindigkeit der Bewegung des Flügels längs der 84 Fuss langen Wasserstrecke unter einem Fuss per Sec. war und der Flügel nur die kleinere Zahl der Umläufe (43) machte, doch demungeachtet ein Zurückbleiben in den kleineren Geschwindigkeiten sich nicht daraus folgern lässt, indem 43 Umläufe auch bei den grössern Geschwindigkeiten, namentlich bei Nr. I, 2, V, III, 3, 6 und zuletzt bei N. 8 vorkommen, wo die Geschwindigkeit doch 4,421 Fuss, also um  $4,421 : 0,609 = 7\frac{1}{4}$  mal grösser als bei VIII war.

Versuche mit dem grossen Flügel den 25. Juni 1856 und den 27. Aug. 1862 in dem todtten Wasser des Bassins der Karthause bei Brünn, über etwaige Veränderlichkeit des Flügelwerthes.

Vers.-Nr.	Richtg. d. Beweg.	Zeiten zu dem Gange = T	in 84' Länge der Strecke	Geschwindigkeit pr. Secunde = 84' : T
VIII	Abwechselnd von Nord nach Süd und umgekehrt in den 8 ältern und 11 neuesten, zusammen 19 Versuchen	138 Sekunden	43 Uml.	0,609 Fuss österr.
IV		120	43	0,700
I		103	43	0,815
XI		90	44	0,933
VI		89	43,5*	0,944
VII		88	44	0,955
1		83	43	1,012
2		79	43	1,063
V		79	43	1,063
III		78	43	1,077
II		77	44	1,091
3		63	43	1,333
4		54	44	1,555
5		43	44	1,953
IX		40	44	2,100
6		32	43	2,625
X		27	44	3,111
7		19	44	4,421
8		19	43	4,421

\* Im Versuche Nr. VI, 4, 3, 5, weil die Zähne des Schraubenrades sich genau auf die Zähne der Zustellung gesetzt hatten und andeutet wie sich das Zählrad verbessern lässt, um der ersten Forderung Art. 5 zu genügen.

17. Bis also der hydrometrische Flügel nicht noch weiter, in der Art als ich Art. 5 andeutete, vervollkommen sein wird, muss mindestens bei dem in der Schrift abgebildeten gerechnet werden, dass er Stromgeschwindigkeiten von etwa 0,5 Fuss bis zu einer noch nicht bekannten, jedenfalls hohen Zahl aufwärts, proportional den gleichzeitigen Umläufen misst, und dass dabei nur ein constanter Flügelwerth in Rechnung kommen muss, welcher sich zwar Art. 16 auf 1,933 stellte, der aber je nach dem Gewicht der Flügelplatten und dem Centrum-Stück, wie auch der Flügelwelle und dem Durchmesser, von deren Lauf etwas davon verschieden ausfallen kann, wie die Adjustirung lehren wird.

18. Ich glaube jetzt hiemit bewiesen zu haben, dass mir nicht nur die Priorität der Verbesserung der Woltmann'schen Flügelflächen gebührt, sondern dass die veränderte Form auch wirklich Vortheile in dem Gebrauche des Instrumentes mit sich führt, welche sich in Baumgartens Flügel-Construction practisch nicht haben nachweisen lassen. Zweifel, welche sich noch erheben könnten, ob, was ich hier über meine ältern und neuesten Versuche mittheilte, mit den Originalen und den angeführten Zeugnissen übereinstimmt, könnten am einfachsten durch einige hiesige Sach- oder auch nur Schriftverständige, entschieden werden.

Brünn, im März 1863 \*).

L. Georg Treviraues.

## Ueber Construction von Dampfmaschinen.

Nach dem „Engineer“.

Gegen die Leistung einer gut gebauten Balancier-Maschine kann man wohl durchaus keine Einwendung machen, doch kommt eine solche Maschine durch das grössere Gewicht der Bestandtheile und die Schwierigkeit der Aufstellung immer theurer zu stehen als andere Systeme. Ein

\*) Der Redaction Ende Juli 1863 eingesendet

D. Red.

gutes Modell einer derartigen Maschine ohne Condensation mit einem Cylinder von 22 Zoll Durchmesser und 4 Fuss 6 Zoll Hub, hat 102 Ctr. Gewicht in den Säulen, 65 Ctr. im Gebälk, 45 Ctr. im Balancier, also in den genannten Theilen zusammen 212 Ctr., während alle anderen Theile, mit Ausnahme des Schwungrades (aber einschliesslich einer Sohlplatte von 154 Ctrn.) nur 407 Ctr. wiegen, so dass das Totalgewicht einer derartigen Maschine 619 Ctr. ist, ohne das Schwungrad von 270 Ctrn. einzubeziehen.

Durch Benützung einer horizontalen Maschine würde in diesem Falle ein Gewicht von über 200 Ctr. erspart, und die Zahl der Bestandtheile, so wie die Zahl der reibenden Flächen beträchtlich verringert werden. Es ist schwierig, den Grund der Bedenken ausfindig zu machen, welche so oft gegen horizontale Maschinen erhoben werden, obgleich man meistens sagen hört, das Gewicht des Kolbens nütze die Sohle des Cylinders aus. Diess ist jedoch nur in so weit richtig, als diese Abnützung sehr gering ist; die grösste Abnützung bei horizontalen Dampf-Cylindern, sowohl bei Schiffsmaschinen, Locomotiven als stabilen Maschinen, ist regelmässig auf dem oberen Theil der Fläche. Es zeigt diess nicht nur die Untersuchung eines gebrauchten Cylinders, sondern die Gründe davon werden bei kurzer Beachtung einleuchtend. Alle dem Cylinder zugeführten Schmiermittel sammeln sich am Boden, während die obere Fläche trocken bleibt; wird ferner der Kolben so undicht, dass er Dampf lässt, so wird diess vorwiegend an der obern Hälfte des Kolbenringes stattfinden, und derart übertretender Dampf greift Cylinder und Dichtung an jenen Stellen sehr stark an. Was das Schmieren anbelangt, so brauchte man nie einen Tropfen Schmiermaterial in einen Dampf-Cylinder gelangen zu lassen, der mit messingenen Kolbenringen läuft, und nicht mit überhitztem Dampf arbeitet.

Die Dichtung eines gut schliessenden Kolbens darf auf den Cylinder höchstens mit 3–4 Pfund per 1 □“ drücken, bei dieser und selbst bei noch grösserer Pressung ist die selbst bei wohlverwahrten Cylindern dennoch stattfindende schwache Condensation an der Cylinderfläche ein vollkommen ausreichendes Schmiermittel. Es sind Thatsachen bekannt über grosse Cylinder, sowohl von Schiffs- als Landmaschinen, welche Jahrelang ohne irgend ein anderes Schmiermittel als den im Cylinder condensirten Dampf gelaufen, und ihre Innenfläche vortrefflich gut erhalten haben. Dieses Factum ist für horizontale Cylinder von Bedeutung und zwar aus folgendem Grund:

Wenn ein Dampf-Cylinder längere Zeit regelmässig geschmiert worden ist, so zeigt sich, dass er fortwährend eines Schmiermittels bedarf, unterbricht man nun das Schmieren, so zeigt die Erfahrung, dass der Cylinder bald angegriffen wird; bei horizontalen Maschinen nun, wo es nicht möglich ist, die obere Fläche regelmässig mit einem Schmiermaterial bedeckt zu halten, tritt dieser ungünstige Wechsel oft ein zum Nachtheil des Cylinders.

Solche Cylinder werden also bei gänzlicher Vermeidung von Schmiermaterial am sichersten gegen Angriffe geschützt sein.

Bei Locomotiven natürlich, wo die Maschinen oft durch grosse Strecken ohne Dampf laufen, ist Schmierung nothwendig, umsomehr, wenn man bedenkt, dass, wie es manchmal

vorkommt, der Reversirhebel beim Vorwärtsfahren zurückgelegt wird, und dadurch Verbrennungsgase und Unreinigkeiten in den Cylinder treten. Die horizontalen Cylinder von Locomotiven nützen sich jedoch selbst bei der Härte ihres Dienstes nicht so viel ab, als man vermuthen sollte. Ueberdiess ist das Ausbohren dieser Cylinder am Platze durch die jetzt auf Bahnen sehr häufig angewandten tragbaren Vorrichtungen wesentlich erleichtert.

Die Anordnung von Balancier-Maschinen erleichtert die Anbringung der Parallelogramm-Bewegung, aber es liegt in der Natur dieser Bewegung, dass sie keine absolute Geradföhrung ist, und kleine Abweichungen unvermeidlich sind. Was die Geradföhrung bei horizontalen Maschinen anbelangt, so kann dieselbe so angeordnet werden, dass sie bei absoluter Geradheit der Bewegung auch nur wenig mehr Effect absorbiert als das beste Parallelogramm. Horizontale Maschinen erlauben lange Schubstangen; man macht sie mindestens gleich dem dreifachen Hub. In diesem Falle wird der Maximaldruck auf die Föhrung  $\frac{1}{6}$  des Kolbendruckes sein, und da der mittlere Druck (vorausgesetzt die Maschine expandire nicht) nahezu 70 % davon sein wird, so wird er etwa  $11\frac{1}{2}$  % vom Druck auf dem Kolben betragen. Da der Reibungs-Coefficient für einen gut geschmierten Kreuzkopf  $\frac{1}{11}$  nicht übersteigen wird, so ergibt sich der Effectverlust durch die Reibung in der Geradföhrung mit 1 Pferdekraft für etwa 100 der Maschine, und diess ist in der That nicht viel. In Betreff der Gleitstücke wäre eine Vergrösserung der gleitenden Fläche, im Vergleich zu den jetzt in Anwendung kommenden zu empfehlen. Ein Maximaldruck von 25 Pfund per 1 □Zoll verbürgt einen guten Gang.

Die Kreuzköpfe selbst sind wohl am besten aus Guss-eisen zu machen, denn so lange die Verbindung der Kolbenstangen auf einer Seite mit einer nicht immer sehr starken gusseisernen Nabe des Kolbens geschieht, liegt am anderen Ende kein Grund vor, kostspielige Schmiedstücke zu verwenden.

Alle Landmaschinen sollten durch einen Regulator, der auf variable Expansion wirkt, regulirt werden. Die beste Ausführung dieses Systems war vielleicht die von zwei preussischen Maschinen auf der letzten Ausstellung, welche nach dem in Amerika unter dem Namen Corliss-Maschinen bekannten Modelle ausgeführt waren. Diese Maschinen gestatten eine zwanzigfache Expansion bis zu einer Arbeit mit vollem Cylinder. Derartige Maschinen arbeiten in Walzwerken, in welchen der Effect sich zeitweilig von 60 bis zu 360 Pferden im Zeitraume von 5 Secunden ändert, ohne sichtbare Aenderung ihrer Geschwindigkeit. Die Steuerung sowohl als der Dampfeinlass sind, wie auch die Verbindung mit dem Regulator, von Herrn Corliss eigenthümlich construirt.

Der hydraulische Regulator von Pitcher wird sich ohne Zweifel auch in der Art verwenden lassen.

Mit den wachsenden Pressungen und Geschwindigkeiten wird es nun auch angezeigt sein, die Länge der Lager an den Betriebswellen zu vergrössern. Das Pumpwerk von Boulton und Watt in Stoke Newington zeigt hierin ein nennenswerthes Missverhältniss.



Bei Cylindern von fünf Fuss Hub, bei einem Schwungrad von 25 Fuss und 1200 Ctrn., ist der Durchmesser des Wellenhalses fünfzehn Zoll. Diese Maschinen haben Behufs grösserer Stabilität bereits eine Reconstruction erfahren. Der Uebelstand des zu geringen Auflagers der Welle ist noch nicht gehoben worden.

Die Differenzen, die in diesem Punkte noch bestehen, zeigen die folgenden zwei Beispiele.

Eine Maschine mit zwei Cylindern von 18 Zoll und 50 Pfund Dampfdruck, hat einen Wellenhals von  $6\frac{1}{4}$  Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge, eine andere und zwar durch ihre Leistung besonders ausgezeichnete mit zwei Cylindern von 12 Zoll, und 3 Fuss 6 Zoll Hub, 60 Pfund Dampf, hat  $6\frac{1}{4}$  Zoll Durchmesser und  $15\frac{1}{4}$  Z. Länge am Hals der gusseisernen Welle.

Die Kolbensteuerung zeigt sich als sehr vorthellhaft für Dampfmaschinen. Die Herren Simpson und Comp. haben dieselbe bereits für grosse Pumpwerke angewendet, wobei die vierzehnzölligen Steuerungskolben einen einfachen Messingring von sechs Zoll Breite, der durch eine kleine Feder ange-drückt wurde, hatten. Dichtungen, die sich von selbst an den Kolben anschmiegen, stossen bei Steuerungen auf Schwierigkeiten. Solche Ringe springen vor, wenn sie die Ausströmungsöffnungen passiren (wie die drahtförmigen Dichtungs-federn an Ramsbotom'schen Kolben an den Dampföffnungen der Dampf-Cylinder), und anderseits werden sie im Vorbeigehen an den Einströmungsöffnungen zusammen gedrückt. Es ist auch in der That eine stellbare, aber keine sich selbst stellende Kolbendichtung bisher von Erfolg gewesen, und zwar ist es ein Kolbenring, der das Bestreben hat sich zurück zu ziehen, der aber durch einen stellbaren Keil an den Cylinder gedrückt wird. Diese Kolben wirken, trotzdem dass sie sich nicht selbst reguliren, geraume Zeit, ehe ein Anziehen des Keiles nöthig wird. Versuche bei offenen Deckeln des Steuerungs-Cylinders und raschem Gange der Kolben haben gezeigt, dass die Dichtung eine sehr gute ist. Der geringe Kraftverbrauch der Kolbensteuerung ist von grossem Vortheil, besonders bei Maschinen von kurzem Hub. Es ist fraglich, ob diese Kolben überhaupt einer Dichtung bedürfen, oder ob es nicht billiger kömmt, sie massiv zu drehen, und wenn sie nach längerer Zeit anfangen Dampf zu lassen, sie durch neue zu ersetzen. Es soll jetzt bloss in Betreff kleiner Maschinen gesprochen werden. M. David Joy von Middlesborough hat längere Zeit Steuerungskolben ohne Dichtung verwendet. Die Kolben waren  $5\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser und machten 200 Hübe per Minute bei 80 Pfund Druck.

Macht man die Dampfkammer und den Kolben von gleichem Metall, die Berührungsfläche gross, so ist die Dauer eine bedeutende. Mr. Richard Roberts machte massive Locomotiv-Kolben von 11 Zoll Durchmesser im Jahre 1834, und diese waren längere Zeit in gutem Betrieb auf verschiedenen Bahnen. Ein neuerer Versuch in dieser Richtung auf der North London Bahn schlug fehl.

Wenngleich Beispiele vorgekommen sind, dass  $10\frac{1}{2}$  zöllige Kolben bei bloss zwei Zoll Breite nach längerer Arbeit noch einen guten Verschluss geben, so dürfte es doch im Allgemeinen nicht gerathen sein, unter eine Breite, die die Hälfte des Diameters beträgt, herabzugehen.

In Betreff der Excenterringe verdient Gusseisen wohl den Vorzug vor Messing, da der Druck bei richtig construirten Excentern jenen nicht übersteigen wird, bei welchem Gusseisen noch vollkommen gut arbeitet.

Dort, wo jedoch eine Gleitfläche von Messing vorgezogen wird, ist die Art der Anwendung von Mr. Humphys in Delford zu empfehlen. Er benützt einen Streifen von Metall, der über die Excenterscheibe so gerollt wird, dass noch ein freier Spielraum zwischen den Enden bleibt, und legt darüber die gusseisernen Excenterringe. Da sich die Einlage, welche behufs Oelung an einigen Stellen durchlöchert ist, frei drehen kann, so wird das Gleiten nach Umständen aussen oder innen erfolgen, wodurch die Gleitfläche vergrössert erscheint; diese Art hat sich als sehr dauerhaft bewährt.

Es ist kein Zweifel, dass die Anwendung von Maschinen mit einem Cylinder den gekuppelten Maschinen vorgezogen werden wird. Doppelte Cylinder bieten einen speciellen Vortheil, dass nämlich bei einer Störung an einer Maschine die andere in der Regel fortarbeiten kann. Andererseits haben aber gekuppelte Maschinen auch eine grössere Anzahl von Bestandtheilen und unterliegen dadurch leichter Beschädigungen. Für manche Zwecke entspringen durch sie auch gewisse Nachtheile. Gekuppelte Gebläsemaschinen unterliegen grossen und raschen Schwankungen in der Inanspruchnahme der Welle. Das Zwischenstück der Welle, welches an Schiffsmaschinen die beiden Kurbelzapfen verbindet, war immer der gefährlichste Punkt für Brüche, und für grosse Schiffsmaschinen mit zwei oscillirenden Cylindern haben es die Amerikaner am besten befunden, die beiden Cylinder gegenüber zu stellen, und die beiden beinahe in derselben Ebene liegenden Kurbelzapfen durch eine Schleife zu verbinden. Was das Stehenbleiben im todtten Punkte der Maschine anbelangt, so kann diess, ausser bei einer Locomotive, nur einem nachlässigen Maschinisten geschehen. Die Fluss- und Küstenschiffahrt Amerikas wird jetzt ausschliesslich durch Maschinen mit einem Cylinder betrieben, und es sind deren jetzt von 105 Zoll Cylinder-Durchmesser und zwölf Fuss Hub für Seeschiffe im Bau.

Ein Maschinist, der eine derartige Maschine einmal im todtten Punkte stehen liesse, würde entlassen werden.

Selbst für grosse Schraubenmaschinen mit Cylindern von 70 — 84 Zoll und von  $3 - 3\frac{1}{4}$  Fuss Hub verwenden die Amerikaner gewöhnlich und mit vielem Vortheil einfache Cylinder. Ein Vortheil der gekuppelten Maschinen bleibt immer die Gleichförmigkeit der Bewegung. Ein grosses Schwungrad jedoch, und namentlich bei jetzt in Gunst kommenden grösseren Geschwindigkeiten, gibt den Maschinen mit einem Cylinder immerhin jede selbst bei Spinnereien gewünschte Gleichförmigkeit.

Nehme man z. B. einen Cylinder von 16 Zoll und 4 Fuss Hub, arbeite mit 50 Pfund Dampf und 60 Touren per Minute bei einem Schwungrad von 14 Fuss Durchmesser und Gewicht von 200 Ctrn. Es wird hiebei im Schwungrad bei 44 Fuss Geschwindigkeit ein Effect von 596.232 Fuss-Pfund vorhanden sein. Bei einer Aenderung von 60 auf 59 Umdrehungen wird ein Effect von 17.129 Fuss-Pfund frei werden, der allein einem Effect gleichkömmt, den ein 16zölliger Cylinder bei 21 Pfund Dampfdruck durch einen Weg von 4 Fuss Hub

entwickelt. Nimmt man nun noch die Trägheit der bewegten Theile der ganzen Maschine in Anschlag, so zeigt sich, dass ein derartiges Schwungrad nur sehr geringe, practisch verschwindende Schwankungen zulassen wird.

Bei Mühlen z. B. wirken die schweren oft 4 Fuss grossen Mühlsteine als eine beträchtliche Beihilfe zur Erzielung constanter Geschwindigkeit.

Dieses Streben nach Maschinen mit bloss einem Cylinder verbreitet sich immer mehr unter den ausgezeichneten Ingenieuren. Ein weiterer Beleg dafür ist der Ausspruch des vorzüglichsten amerikanischen Ingenieurs im Maschinenfache, Herrn Horatio Allan, welcher für eine Schiffsmaschine einem Cylinder von 150 Z. den Vorzug vor zweien zu 106 Z. ertheilte.

Der Erfolg, der bereits mit einfachen Cylindern von 105 Zoll erreicht wurde, ist ein genügender Grund für diese Meinung.

F. K.

### Literaturbericht.

Illustriertes Baulexikon. Practisches Hilfs- und Nachschlagebuch im Gebiete des Hoch- und Flachbaues, Land- und Wasserbaues, Mühlen- und Bergbaues, so wie der Mythologie, Iconographie, Symbolik, Heraldik, Botanik und Mineralogie, soweit solche mit dem Bauwesen in Verbindung kommen. Für Architekten und Ingenieure, Baugewerke und Bauherren, Baubeflissene und Gewerbschüler, sowie für Archäologen, Kunstliebhaber und Sammler. Herausgegeben von Oskar Mothes, Architect, Verfasser der Geschichte der Baukunst und Bildhauerei Venedigs, Inhaber der k. k. östr. gold. Medaille für Kunst und Wissenschaft, corresp. Ehrenmitglied der *societad scientifica* in Murcia u. s. w. Zweite gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage des Allgemeinen deutschen Bauwörterbuchs. Zwei Bände. Von 25 — 30 Lieferungen zu je 6 — 7 Bogen. Mit über 1000 in den Text gedruckte Abbild. Preis der Lieferung 8 Sgr. = 28 kr. rh = 1 fl.

Die ersten 7 Hefte dieses Werkes liegen mit mancher Aenderung und bedeutender Vermehrung nun in ihrer zweiten Auflage vor uns. Der Verfasser hat sich — wie er selbst in der Vorrede bekennt — nicht die Aufgabe gestellt, ein „Universal-Nachschlagebuch“ zu liefern, sondern bezeichnet seine Arbeit nur mit dem Namen „Fach-Wörterbuch“, und damit hat er sie ganz wohl charakterisirt.

Vielseitigkeit gehört dennoch zu den vorzüglichsten Eigenschaften dieses Werkes, es findet der Auskunft suchende Baumeister in demselben so gut Bescheid, wie der practische Chemiker, der Maler oder der Bergmann.

Es hält schwer, nach diesen ersten Heften (A — B) schon vollständig den Standpunkt des Verfassers zur Architectur festzustellen; gilt ihm hier und da noch ein Symbol für die Baukunst als wichtig, so vertritt er in den meisten Fällen dennoch die Rechte der Construction. Gründliches Studium der Bauwissenschaften blickt überall hindurch und er selbst zeigt in dem Artikel „Academie“ sehr practische Wege, zu demselben zu gelangen.

Angesichts der Tüchtigkeit in dieser Hinsicht kann man dem Verfasser gewiss in einzelnen Fällen die Aufnahme von Artikeln nachsehen, die als Provinzial-, Gesellenausdrücke, oder als Profanismen selten oder nie des Nachschlagens erfahren werden.

Die Besprechung der Baustyle zeugen von vielem Verständnisse, und wir glauben, nach der Richtung des Verfassers zu urtheilen, besonders über gothische und romantische Bauweise Gutes und Wohlverstandenes erwarten zu dürfen.

Julius Koch.

Architectonische Formenschule. Eine practische Aesthetik der Baukunst zum Gebrauche für Baugewerks-

schulen und Bauhandwerker. Bearbeitet von A. Scheffers, Architect, Lehrer an der Baugewerkschule in Holzminden. Leipzig. Verlag von C. A. Seemann. 1862.

Unter diesem bescheidenen Titel erschienen von dem Lehrer an der Holzmindner Baugewerkschule, Herrn Architecten A. Scheffers, die zum Leitfaden beim Unterrichte dienenden Notizen, wovon der erste Theil die Säulenordnungen, der zweite Theil aber die Darstellung der gebräuchlichsten Formen umfasst, welche beim Privatbaue ihre Anwendung finden.

In ganz populärer Weise geschrieben, sind die richtigen architectonischen Verhältnisse in einfachen, leicht merkbaren Zahlen angegeben und ist dieses Werk nicht nur für den Bauhandwerker und Industriellen ein wahres Bedürfniss, sondern es dürfte dessen Erscheinen, bei dem gänzlichen Mangel einer ähnlichen Literatur, auch dem wissenschaftlich höher Gebildeten willkommen sein.

Ueberhaupt liefert dasselbe den erfreulichen Beweis von der trefflichen Einrichtung der Baugewerkschule zu Holzminden in Braunschweig, welche seit ihrem Bestande von 33 Jahren einen solchen Umfang gewonnen hat, dass bereits 600 Schüler an dem dortigen Unterrichte theilnehmen, und muss andererseits unser eigener geringer Fortschritt in dieser Richtung lebhaft bedauert werden. Mit Rücksicht auf die elegante Ausstattung, so wie auf die beigelegten vollkommen correct ausgeführten Holzschnitte und Zeichnungen ist daher der Ankauf dieses Werkchens, bei dessen ausserordentlich billigen Anschaffungskosten, gewiss Jedermann zu empfehlen. G. H.

Technologisches Wörterbuch in deutscher, französischer und englischer Sprache. — Dritter Band, französisch, — deutsch, — englisch. Bearbeitet von Dr. Chr. Rumpf. Wiesbaden. C. W. Kreidel's Verlag. 1863.

Von diesem in Wiesbaden erscheinenden Werke liegt uns nun die erste Lieferung vor; — eine genaue Prüfung derselben liess uns sogleich erkennen, dass der Verfasser Behufs Lösung der so schwierigen Aufgabe, der Zusammenstellung eines vollständigen und richtigen technologischen Wörterbuchs, keine Mühe scheute, sowohl durch die Wahl der Quellen als auch durch die Beziehungen, in welche er mit ausgezeichneten Fachmännern trat, ein Werk zu vervollständigen, durch dessen Erscheinen einem lange gefühlten Bedürfnisse abgeholfen ist.

Der Werth des vorliegenden Werkes wird jedenfalls noch dadurch erhöht, dass jedem Fremdworte eine richtige Erklärung seiner Bedeutung beigelegt ist und können wir daher bei dem zwischen Deutschland, Frankreich und England sich stets steigenden Geschäftsverkehr nur wünschen, dass dem Verfasser in Anerkennung seiner Verdienste eine ausgedehnte Verbreitung seines Werkes zu Theil werden möge. — T.

Die Schule der Bierbrauerei. Illustriertes Hand- und Hilfsbuch für Brauer, so wie für Anfänger dieses Gewerbes. Nebst einer Vorschule: Die nöthigsten Vor- und Hilfskenntnisse in der Bierbrauerkunde. Auf Grund eigener Erfahrungen, so wie mit Benützung der neuesten deutschen, englischen und französischen Literatur, herausgegeben vom Redacteur der Zeitschrift „Der Bierbrauer“, Techniker G. E. Habich. Mit 178 Abbildungen, darstellend die neuesten und besten Einrichtungen und Apparate. Leipzig und Berlin. Verlagshandlung von Otto Spamer. 1863.

Von der Ueberzeugung ausgehend, dass einerseits die vorhandene Literatur des Braufaches nicht allen Bedürfnissen der Brauer genüge, andererseits aber bei der grossen Mehrzahl der Brauer die Vorkenntnisse zum rationellen Studium ihres Faches ziemlich mangelhaft seien, hat der Verfasser versucht, in dem vorliegenden Werke alle jene Kenntnisse, deren der Bierbrauer bei der rationellen Ausübung seines Gewerbes bedarf, zusammenzufassen und in allgemein verständlicher Weise darzulegen.

Die erste Abtheilung des Werkes enthält die Vorschule und die Theorie der Braukunde, die zweite behandelt die Praxis der Brauerei. Die erste beginnt mit dem Unterricht in den vier Rechnungsarten, übergeht dann auf die Lehre vom Stoff im Allgemeinen, von der Wärme, der Electricität, den für die Brauerei wichtigen chemischen Elementen und Verbindungen, von den verschiedenen Gährungen, vom Verbrennungs-Process, und schliesst mit der Anleitung zu speciellen chemischen Untersuchungen von Getreide, Malz, Hopfen, Bier etc.

Die zweite Abtheilung zerfällt in die Abschnitte von der Technik der Heiz- und Trocken-, dann der Kühl-Apparate, von der Branerei selbst, endlich von der Kellerwirthschaft.

Es ist nicht zu verkennen, dass der in der theoretischen und practischen Braukunde wohl erfahrene Verfasser seine Aufgabe mit Lust und Liebe erfasst hat, und das vorliegende Buch enthält in der That eine treffliche Zusammenstellung alles Wesentlichen, was ein Brauer zu wissen nothwendig hat; ja es wird auch für gebildete Laien, welche sich über dieses Gewerbe näher unterrichten wollen, sehr willkommen sein, zumal die zahlreichen im Texte eingedruckten Abbildungen das Verständniss wesentlich erleichtern.

Ob aber der die Vorschule einleitende Unterricht in den vier Rechnungsarten, und ob die häufig allzusehr hervortretende humoristische Färbung des Textes für den Zweck dieses „Hand- und Hilfsbuches“ nothwendig oder auch nur zweckmässig seien, das sind Fragen, über welche unsere Ansichten mit jenen des Verfassers nicht übereinzustimmen scheinen. F.

Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauwesens. Von A. Scheffers, Architect, Lehrer an der Baugewerkschule zu Holzminden. Mit zahlreichen Holzschn. Leipzig 1863. Verlag von F. A. Seemann. I. Lieferung.

Dieses Werk soll in 8 bis 9 Lieferungen das bürgerliche und ländliche Hochbauwesen in folgenden 6 Abschnitten behandeln: Baustoffe, Verbindungen der Baustoffe zu Bautheilen. Anordnungen der Wohn- und Wirthschaftsgebäude, Bauausführung, Bauerhaltung, Grundzüge für die Kostenermittlung.

Die vorliegende erste Lieferung handelt nach einer kurzen Einleitung von den Eigenschaften und der Gewinnung der natürlichen Bausteine (Seite 8 — 34), dann von den künstlichen Baumaterialien aus dem Mineralreiche (Eigenschaften und Bereitung von Luftziegeln und von gebrannten Ziegeln, Feldziegeleien, stehende Ziegeleien, Ziegelpressen, Formen und Brennöfen (Seite 34 — 79) und endet Seite 80 mit der Einleitung des Artikels „Glas“.

Wir müssen unser Urtheil bis zum Erscheinen der weiteren Lieferungen zurückhalten, zweifeln jedoch nicht, von dem in der Literatur des Bauwesens bereits vortheilhaft bekannten Verfasser auch diessmal ein brauchbares Buch zu erhalten. F.

Jahresbericht über die Fortschritte der mechanischen Technik und Technologie, von H. Grothe, Ingenieur. I. Jahrgang 1861 — 1862. Verlag von Julius Springer in Berlin

Unter diesem Titel ist eine kleine Broschüre erschienen, welche von den während der Jahre 1861 — 1862 auf dem Gebiete der mechan. Technik gemachten Fortschritten berichtet.

Wenngleich der Verfasser derselben wegen des überaus reichen Materials nicht specieller auf die Beschreibung einzelner Gegenstände eingehen konnte, so wäre eine genauere Classificirung derselben wohl erwünscht gewesen, da die Arbeit an Uebersicht bedeutend gewonnen hätte.

Unter den vielen angeführten Erfindungen und Verbesserungen spricht sich der Verfasser eingehender über die Construction der offenen Ericson'schen calorischen Maschine aus, indem er die Beschreibung derselben von Boëtius mittheilt, ebenso die der geschlossenen Laubroy-

Schwartzkopff'sche calorischen Maschine, beschrieben von G. Schmidt.

Bei Vergleichung dieser beiden Arten stellt sich die letztere gegen die erstere insofern vortheilhafter heraus, als die Laubroy-Schwartzkopff'sche wesentlich einfacher in der Construction ist und nur 30 % Brennstoff der Ericson'schen benöthigt. G. Schmidt glaubt, dass sich durch Combination beider Systeme eine vortheilhaftere Construction werde herstellen lassen.

Bei den Dampfmaschinen ist besonders etwas näher auf die Oberflächen-Condensation, den Giffard'schen Injector und auf eine Verbesserung an Sicherheits-Ventilen eingegangen; sowie bei den Feuerungs-Anlagen des Langer'schen Etagen-Rostes und der Siemens'schen Regenerativ-Gasfeuerung genauere Erwähnung geschieht.

Die Lenoir'schen Gasmaschinen und die Turbine von Hanel werden ebenfalls etwas ausführlicher besprochen.

Was die übrigen in der Broschüre unter „Varia“ erwähnten Erfindungen und Verbesserungen anbelangt, so sind diese nur kurz berührt worden, indessen fehlen wohl noch viele in demselben Zeitraume ausgeführte Gegenstände, wovon besonders die auf dem Gebiete des Berg- und Hüttenwesens, der Porzellan-Fabrication, der Kerzen- und Seifen-Fabrication, der Darstellung mineralischer und künstlicher Ziegel, Oele etc. gehören.

Es scheint dem Verfasser vielfach an Beistand gefehlt zu haben, und wäre es sehr zu wünschen, wenn demselben zur ferneren Fortsetzung und vollkommeneren Durchführung dieser nützlichen Broschüre mehr Unterstützung, besonders Seitens der Techniker und Industriellen zukäme.

F. Hartmann.

## Abänderung der Vereins-Statuten.

Zufolge Eröffnung der k. k. niederöstr. Statthalterei haben Seine k. k. apostolische Majestät mit allerhöchster Entschliessung vom 3. Mai l. J. die in der General-Versammlung am 14. März l. J. einstimmig beschlossenen Abänderungen der §§. 9 und 13 der Vereins Statuten allergnädigst zu bewilligen geruht.

Hienach ist die bisherige Bestimmung der Statuten, dass der Jahresbeitrag auch in monatlichen Raten entrichtet werden dürfte, aufgehoben, und diese Beitragsleistung in mindestens vierteljährigen Raten angeordnet.

Weiter ist künftighin zur Beschlussfähigkeit einer General-Versammlung nur mehr eine Mitgliederzahl erforderlich, welche dem fünften (statt wie bisher dem dritten) Theile der in Wien wohnenden Mitglieder gleichkommt.

In Folge dieser Abänderungen lautet nunmehr der §. 9 der Statuten:

„Jedes wirkliche Mitglied leistet bei seinem Beitritte eine freiwillige Einlage als Gründungsbeitrag zur Vermehrung des Stamm-Capitals, dann fortlaufend einen Jahresbeitrag vom 12 fl. 60 kr. Oesterr. Währ., welcher jährlich oder in halb- oder vierteljährigen Raten im Vorhinein zu erlegen ist.“

Correspondirende Mitglieder leisten keine Geldbeiträge.“ Der Schluss-Satz des §. 13 der Statuten lautet nunmehr:

„Zur Gültigkeit eines Beschlusses ist für General- wie für Monats-Versammlungen die Anwesenheit einer Anzahl von Mitgliedern erforderlich, welche dem fünften Theile der in Wien wohnenden Mitglieder gleichkommt, es mögen diese anwesenden Mitglieder in Wien oder in den Kronländern ihren Wohnsitz haben.“

Im nächsten Hefte dieser Zeitschrift werden die abgeänderten Statuten vollständig aufgenommen werden.

Wien, 18. August 1863

Vom Verwaltungsrathe.

# Versuch einer Theorie des Schnürsch'schen Brücken-Systems.

Von August Salaba.

(Schluss.)

(Mit Zeichnungen auf Blatt F im Texte.)

Es sollen nun die Gleichungen dieser Curven aufgestellt werden, und zwar für je vier Positionen eines die Brücke passirenden Zuges, wenn derselbe nämlich ein Viertel, die Hälfte, drei Viertel und endlich die ganze Brückenlänge einnimmt.

$$h = 1, \quad l = -\frac{1}{2} \dots \dots \dots (93)$$

$$v = 0,028 \text{ gs}, \quad u = 0,413 \text{ gs}, \quad w = 0,532 \text{ gs}$$

$$H_x = (0,0986 - 0,913 x + 1,3464 x^2) \text{ gs} \quad x > l$$

$$H_x = (-4,0514 - 17,213 x - 14,9536 x^2) \text{ gs} \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -1,792 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 0,8167 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = w = 0,532 \text{ gs}$$

$$\text{Maximum von } H_x = 0,9026 \text{ gs für } x = -0,576 \text{ (Scheitel der einen Parabel)}$$

$$\text{Minimum von } H_x = -0,0559 \text{ gs für } x = 0,339 \text{ (Scheitel der zweiten Parabel)}$$

$$A_x = \text{gs} (0,045 - 0,133 x) \quad x > l$$

$$A_x = \text{gs} (0,847 + 1,472 x) \quad x < l$$

$$A_{(-1)} = -0,625 \text{ gs}, \quad A_{(l)} = 0,112 \text{ gs}, \quad A_{(+1)} = -0,088 \text{ gs}.$$

Das absolute Maximum der Spannung in den Ketten ist in der oberen Kette am linken Auflager, oder

$$\text{Max. } H_{(-1)} = u - H'_{(-1)} = 2,205 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } A_{(-1)} = -0,625 \text{ gs}.$$

$$h = 1, \quad l = 0 \dots \dots \dots (94)$$

$$v = 0,1885 \text{ gs}, \quad u = 1,967 \text{ gs}, \quad w = 1,836 \text{ gs}$$

$$H_x = \text{gs} (1,5686 - 6,145 x + 6,4124 x^2) \quad x > l$$

$$H_x = \text{gs} (1,5686 - 6,145 x - 9,8876 x^2) \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -2,174 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 1,5686 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 1,836 \text{ gs}$$

$$\text{Max. v. } H'_{(x)} = 2,5226 \text{ gs für } x = -0,317$$

$$\text{Min. v. } H'_{(x)} = 0,0956 \text{ gs für } x = 0,479$$

$$A_x = (0,302 - 0,631 x) \text{ gs} \quad x > l$$

$$A_x = (0,302 + 0,974 x) \text{ gs} \quad x < l$$

$$A_{(-1)} = -0,672 \text{ gs}, \quad A_{(l)} = 0,302 \text{ gs}, \quad A_{(+1)} = -0,329 \text{ gs}$$

$$\text{Absol. Max. } H_{(-1)} = 4,141 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(-1)} = -0,672 \text{ gs}.$$

$$h = 1, \quad l = \frac{1}{2} \dots \dots \dots (95)$$

$$v = 0,528 \text{ gs}, \quad u = 3,521 \text{ gs}, \quad w = 1,370 \text{ gs}$$

$$H'_{(x)} = (7,104 - 17,213 x + 11,479 x^2) \text{ gs} \quad x > l$$

$$H'_{(x)} = (3,029 - 0,913 x - 4,821 x^2) \text{ gs} \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -0,879 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 1,358 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 1,370 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 2,681 \text{ gs für } x = -0,095$$

$$\text{Min. } H'_{(x)} = 0,651 \text{ gs für } x = 0,750$$

$$A_x = (0,848 - 1,130 x) \text{ gs} \quad x > l$$

$$A_x = (0,045 + 0,475 x) \text{ gs} \quad x < l$$

$$A_{(-1)} = -0,430 \text{ gs}, \quad A_{(l)} = 0,283 \text{ gs}, \quad A_{(+1)} = -0,282 \text{ gs}$$

$$\text{Absol. Max. } H_{(-1)} = (3,521 + 0,879) \text{ gs} = 4,400 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(-1)} = -0,430 \text{ gs}.$$

$$h = 1, \quad l = 1 \dots \dots \dots (96)$$

$$v = 1,000 \text{ gs (wie es sein soll)}, \quad u = 3,934 \text{ gs}, \quad w = -0,392 \text{ gs}$$

$$H'_{(x)} = (3,083 - 3,475 x^2) \text{ gs (auch wie es sein soll, da für gleiche numerische Werthe von } x, \text{ welche aber dem Zeichen nach verschieden sind, } H'_{(x)} \text{ dieselbe Grösse hat.)}$$

$$H'_{(-1)} = H'_{(+1)} = -0,392 \text{ gs}.$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 3,083 \text{ für } x = 0.$$

$$A_{(x)} = (0,342 x) \text{ gs}, \quad A_{(-1)} = -0,342 \text{ gs}, \quad A_{(x)} = 0,342 \text{ gs}$$

$$\text{Absol. Max. } H_{(-1)} = (3,934 + 0,392) \text{ gs} = 4,326 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(+1)} = \mp 0,342 \text{ gs}.$$

$$h = \frac{1}{2}, \quad l = -\frac{1}{2} \dots \dots \dots (97)$$

$$u = 0,4885 \text{ gs}, \quad v = 0,028 \text{ gs}, \quad w = 1,215 \text{ gs}$$

$$H_x = (-5,164 - 1,826 x + 3,205 x^2) \text{ gs} \quad x > l$$

$$H_x = (-8,314 - 34,426 x - 29,395 x^2) \text{ gs} \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -3,283 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 1,550 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 1,215 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 1,764 \text{ gs für } x = -0,586$$

$$\text{Min. } H'_{(x)} = -0,414 \text{ gs für } x = 0,285$$

$$A_x = (0,045 - 0,156 x) \text{ gs} \quad x > l$$

$$A_x = (0,8475 + 1,449 x) \text{ gs} \quad x < l$$

$$A_{(-1)} = -0,6015 \text{ gs}, \quad A_{(l)} = 0,123 \text{ gs}, \quad A_{(+1)} = -0,111 \text{ gs}$$

$$\text{Absol. Max. } H_{(-1)} = (0,4885 + 3,283) \text{ gs} = 3,7715 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(-1)} = -0,6015 \text{ gs}.$$

$$h = \frac{1}{2}, \quad l = 0 \dots \dots \dots (98)$$

$$u = 2,327 \text{ gs}, \quad v = 0,1885 \text{ gs}, \quad w = 4,422 \text{ gs}$$

$$H_x = (1,540 - 12,290 x + 15,172 x^2) \text{ gs} \quad x > l$$

$$H_x = (1,540 - 12,290 x - 17,428 x^2) \text{ gs} \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -3,598 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 1,540 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 4,422 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 3,705 \text{ gs für } x = -0,353$$

$$\text{Min. } H'_{(x)} = -0,950 \text{ gs für } x = 0,405$$

$$A_x = (0,303 - 0,747 x) \text{ gs} \quad x > l$$

$$A_x = (0,303 + 0,858 x) \text{ gs} \quad x < l$$

$$A_{(-1)} = -0,555 \text{ gs}, \quad A_{(l)} = 0,303 \text{ gs}, \quad A_{(+1)} = -0,444 \text{ gs}$$

$$\text{Absol. Max. } H_{(-1)} = (2,327 + 3,598) \text{ gs} = 5,925 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(x=-1)} = -0,555 \text{ gs}.$$

$$h = \frac{1}{2}, \quad l = \frac{1}{2} \dots \dots \dots (99)$$

$$u = 4,165 \text{ gs}, \quad v = 0,528 \text{ gs}, \quad w = 4,104 \text{ gs}$$

$$H_x = (11,374 - 34,426 x + 27,156 x^2) \text{ gs} \quad x > l$$

$$H_x = (3,224 - 1,826 x - 4,444 x^2) \text{ gs} \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -0,394 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 0,950 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 4,104 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 3,377 \text{ gs für } x = -0,168$$

$$\text{Min. } H'_{(x)} = 0,460 \text{ gs für } x = 0,634$$

$$A_{(x)} = (0,848 - 1,337 x) \text{ gs} \quad x > l$$

$$A_{(x)} = (0,0455 + 0,268 x) \text{ gs} \quad x < l$$

$$A_{(-1)} = -0,2225 \text{ gs}, \quad A_{(l)} = 0,180 \text{ gs}, \quad A_{(+1)} = -0,489 \text{ gs}$$

$$\text{Absol. Max. } H'_{(-1)} = (4,165 + 0,394) \text{ gs} = 4,559 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(x=+1)} = -0,489 \text{ gs}.$$

$$h = \frac{1}{2}, \quad l = 1 \dots \dots \dots (100)$$

$$u = 4,654 \text{ gs}, \quad v = 1,000 \text{ gs}, \quad w = 0,836 \text{ gs}$$

$$H'_{(x)} = (3,092 - 2,256 x^2) \text{ gs}$$

$$H'_{(-1)} = 0,836 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 3,092 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 0,836 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 0,836 \text{ gs für } x = 0.$$

$$A_x = (0,110 x) \text{ gs}$$

$$A'_{(-1)} = -A_{(+1)} = -0,110 \text{ gs}$$

$$\text{Abs. Max. } H_{(-1)} = (4,654 - 0,836) \text{ gs} = 3,818 \text{ gs}$$

$$\text{" " } A_{(+1)} = \pm 0,110 \text{ gs}$$

$$h = 2, \quad l = -\frac{1}{2} \dots \dots \dots (101)$$

$$u = 0,255 \text{ gs}, \quad v = 0,028 \text{ gs}, \quad w = 0,1222 \text{ gs}$$

$$H'_{(x)} = (0,088 - 0,456 x + 0,490 x^2) \text{ gs} \quad x > l$$

$$H'_{(x)} = (-1,949 - 8,606 x - 7,660 x^2) \text{ gs} \quad x < l$$

$$H'_{(-1)} = -1,003 \text{ gs}, \quad H'_{(l)} = 0,439 \text{ gs}, \quad H'_{(+1)} = 0,1222 \text{ gs}$$

$$\text{Max. } H'_{(x)} = 0,468 \text{ gs für } x = -0,56$$

$$\text{Min. } H'_{(x)} = 0,082 \text{ gs für } x = 0,465$$

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_x &= (0,045 - 0,083 x) \text{ gs} \quad x > l \\ \mathcal{A}_x &= (0,8475 + 1,523 x) \text{ gs} \quad x < l \\ \mathcal{A}_{(-1)} &= -0,6755 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(0)} = 0,086 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(+1)} = -0,037 \text{ gs} \\ \text{Abs. Max. } H_{(-1)} &= (0,255 + 1,003) \text{ gs} = 1,258 \text{ gs} \\ " " \mathcal{A}_{(-1)} &= -0,6755 \text{ gs.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= 2, l = 0 \dots \dots \dots (102) \\ u &= 1,215 \text{ gs}, v = 0,1885 \text{ gs}, w = 0,223 \text{ gs} \\ H'_{(x)} &= (1,315 - 3,072 x + 1,980 x^2) \text{ gs} \quad x > l \\ H'_{(x)} &= (1,315 - 3,072 x + 6,170 x^2) \text{ gs} \quad x < l \\ H'_{(-1)} &= -1,783 \text{ gs}, H'_{(0)} = 1,315 \text{ gs}, H'_{(+1)} = 0,223 \text{ gs} \\ \text{Max. } H'_{(x)} &= 1,697 \text{ gs} \text{ für } x = -0,250 \\ \text{Min. } H'_{(x)} &= 0,124 \text{ gs} \text{ für } x = 0,776 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_x &= (0,302 - 0,390 x) \text{ gs} \quad x > l \\ \mathcal{A}_x &= (0,302 + 1,215 x) \text{ gs} \quad x < l \\ \mathcal{A}_{(-1)} &= -0,913 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(0)} = 0,302 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(+1)} = -0,088 \text{ gs} \\ \text{Abs. Max } H_{(-1)} &= (1,215 + 1,783) \text{ gs} = 2,998 \text{ gs} \\ " " \mathcal{A}_{(-1)} &= -0,913 \text{ gs.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= 2, l = \frac{1}{2} \dots \dots \dots (103) \\ u &= 2,175 \text{ gs}, v = 0,528 \text{ gs}, w = -0,554 \text{ gs} \\ H'_{(x)} &= (4,507 - 8,606 x + 3,545 x^2) \text{ gs} \quad x > l \\ H'_{(x)} &= (2,469 - 0,456 x - 4,605 x^2) \text{ gs} \quad x < l \\ H'_{(-1)} &= -1,680 \text{ gs}, H'_{(0)} = 1,090 \text{ gs}, H'_{(+1)} = -0,554 \text{ gs} \\ \text{Max. } H'_{(x)} &= 2,480 \text{ gs} \text{ für } x = -0,049 \\ \text{Min. } H'_{(x)} &\text{ existirt nicht (für } x > 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_{(x)} &= (0,848 - 0,712 x) \text{ gs} \quad x > l \\ \mathcal{A}_x &= (0,046 + 0,893 x) \text{ gs} \quad x < l \\ \mathcal{A}_{(-1)} &= -0,847 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(0)} = 0,492 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(+1)} = 0,136 \text{ gs} \\ \text{Abs. Max. } H_{(-1)} &= (2,175 + 1,680) \text{ gs} = 3,855 \text{ gs} \\ " " \mathcal{A}_{(-1)} &= -0,847 \text{ gs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= 2, l = 1 \dots \dots \dots (104) \\ u &= 2,430 \text{ gs}, v = 1,000 \text{ gs}, w = -1,556 \text{ gs} \\ H'_{(x)} &= (2,633 - 4,189 x^2) \text{ gs} \\ H'_{(-1)} &= H'_{(+1)} = -1,556 \text{ gs}, H'_{(0)} = 2,633 \text{ gs (Maxim.)} \\ \mathcal{A}_{(x)} &= (0,825 x) \text{ gs} \\ \mathcal{A}_{(-1)} &= -\mathcal{A}_{(+1)} = -0,825 \text{ gs}, \mathcal{A}_{(0)} = 0. \\ \text{Abs. Max. } H_{(-1)} &= (2,430 + 1,556) \text{ gs} = 3,986 \text{ gs} \\ " " \mathcal{A}_{(+1)} &= +0,825 \text{ gs.} \end{aligned}$$

Die einfache Vergleichung der vorstehenden Resultate zeigt, dass die Maximalspannung in den Kettengliedern immer dem ersten Gliede der oberen Kette, vom Auflager an gerechnet, auf jener Seite, woher der Zug kommt, entspricht. Dasselbe gilt auch vom obersten Strebegliede auf derselben Seite, mit Ausnahme des Falles  $h = \frac{1}{2}, l = \frac{1}{2}$ . Man bemerkt auch, dass die absolut grösste Inanspruchnahme der Ketten für  $h = \frac{1}{2}$  nahezu bei der Belastung der halben Brückenbahn, für  $h = 1$  " " " von  $\frac{3}{4}$  der Brückenlänge, und für  $h = 2$  für jenen Zeitpunkt stattfindet, als der Zug beinahe die ganze Brückenlänge einnimmt, und dass überhaupt die Position des Zuges bei der maximalen Kettenspannung nicht für alle Brücken dieselbe ist, sondern vielmehr in bedeutendem Grade auch vom Verhältniss der Höhe des Kettenträgers zur Spannweite abhängt.

Eine weitere Folgerung ist, dass je kleiner die Höhe  $h$  des Trägers, desto grösser wird das absolute Maximum der Kettenspannungen. Dieses ist nämlich:

$$\begin{aligned} \text{für } h &= \frac{1}{2}, \text{ gleich } 5,925 \text{ gs} \\ " h &= 1 \quad " \quad 4,400 \text{ gs} \\ " h &= 2 \quad " \quad 3,855 \text{ gs.} \end{aligned}$$

Dagegen gilt das Umgekehrte für die Strebenspannungen, denn man hat

$$\begin{aligned} \text{für } h &= \frac{1}{2} \quad \text{Max. } \mathcal{A}_x = -0,601 \text{ gs} \\ " h &= 1 \quad " \quad = -0,672 \text{ gs} \\ " h &= 2 \quad " \quad = -0,847 \text{ gs,} \end{aligned}$$

wobei freilich zu berücksichtigen ist, dass im ersten Falle die Streben doppelt so dicht als im zweiten und viermal so dicht als im dritten Falle angeordnet sind.

Wenn es also von Vorthail erscheint, hohe Träger der kleineren Kettenspannung wegen anzuordnen, so werden dabei andererseits die Streben mehr in Anspruch genommen, was ihrer grösseren Länge wegen doppelt nachtheilig ist, da man sie dann auf Biegung berechnen muss. Auch tritt noch der Umstand hinzu, dass bei hohen Tragwänden die Hängestangen zu ungleichförmig vertheilt würden, wenn man dieselbe Constructionsart wie bei der Wiener Brücke beibehalten wollte. Daraus scheint hervorzugehen, dass der Erfinder dieses Systems bei der Wahl des Verhältnisses von  $\frac{h}{s}$  sich nicht weit von der rechten Mitte entfernt habe, wiewohl eine Vergrösserung desselben nicht von Schaden gewesen wäre.

Zur besseren Versinnlichung des Vorhergehenden folgen auf Bl. F im Texte die Zeichnungen der Spannungscurven.

Als specielleren Fall nehmen wir noch an, dass ein Zug, bestehend aus zwei Locomotiven mit Kohlenwagen, drei Viertel der Brückenlänge belaste.

Sein Gewicht ist  $2 \times 1060 \text{ Ctr.} = 2120 \text{ Ctr.}$  auf 93' Länge, auf die übrige Länge von

$$\begin{aligned} \frac{3}{4} \cdot 2 \times 130,4 - 93' &= 102,6' \text{ Kohlen-} \\ \text{wagen von } 17,3' \text{ Länge à } 263 \text{ Ctr.} &= 1560 \text{ " } \\ \text{zusammen} &= 3680 \text{ Ctr.} \end{aligned}$$

$$\text{also } \text{gs} = \frac{2}{3} \cdot 3680 = 2453 \text{ Ctr.}$$

$$\text{Damit ist } u = 8617 \text{ Ctr.}$$

Die Spannung im obersten Gliede der oberen Kette:

$$\begin{aligned} H_{(-\frac{1}{2} + \frac{u}{2})} &= u - H'_{(-\frac{1}{2} + \frac{u}{2})} = 8617 - H'_{(-0,95)} = \\ &= 8617 + 1116 = 9733 \text{ Ctr.} \end{aligned}$$

Das Eigengewicht der Construction beträgt 6260 Ctr., also für ein Geleise 3130 Ctr. Die davon resultirende Spannung ist nach (57):

$$\frac{\left(\frac{3130}{2}\right) \cdot 10}{2} = 3913 \text{ Ctr.}$$

Das absolute Maximum der Kettenspannung ist also:

$$\begin{aligned} \frac{9733 + 3913 \text{ Ctr.}}{\cos \varphi_{(u)}} &= 13646 \cdot \sqrt{1 + \text{tg } \varphi_s^2} = \\ &= 13646 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \text{tg } \varphi_s^2\right) = 13646 \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2s^2}{p}\right)\right] = 13920 \text{ Ctr.} \end{aligned}$$

Da der Querschnitt der Ketten 62 Quadr.-Zoll beträgt, so entfällt auf 1 Quadr.-Zoll:

$$\frac{13920}{62} = 225 \text{ Ctr.}$$

Die grösste Inanspruchnahme auf rückwirkende Festigkeit der Streben ist für  $l = 0$  im zweiten Gliede von oben, oder:

$$H'(-s + \frac{3a}{4}) = H'(-0,94) = -0,614 \text{ gs.}$$

Das  $gs$  beträgt für diesen Fall:

$$2120 + \frac{130,4 - 93}{17,3} \times 263 = 2688 \text{ Ctr.,}$$

also

$$\text{Max. } H = -1650 \text{ Ctr.,}$$

$$\text{und pr. 1 Quadr.-Zoll} = -\frac{1650}{11,6} = -142 \text{ Ctr.}$$

Die grösste Inanspruchnahme auf Zugfestigkeit ist im obersten Strebegliede, oder

$$B(-s + \frac{a}{4}) = B(-0,98) = 0,653 \text{ gs} = 1755 \text{ Ctr.}$$

$$\text{und pr. 1 Quadr.-Zoll} = 151 \text{ Ctr.}$$

Einige Kettenglieder werden auch rückwirkend beansprucht; und zwar am stärksten das oberste Glied der unteren Kette, denn es ist für  $l = 0$

$$H'(-1) = -2,174 \text{ gs} = -5843 \text{ Ctr.,}$$

rechnet man davon die von der Constructionslast herrührenden 3913 Ctr. ab, so bleibt ein Druck von

$$-1930 \text{ Ctr., oder}$$

$$\text{pr. 1 } \square \text{ Zoll von } -31 \text{ Ctr. übrig.}$$

Bei der geringen Dicke der Kettenglieder im Vergleich zu ihrer Länge erscheint dieses Resultat ziemlich bedenklich, während bei den Strebegliedern, wo das Verhältniss der Dicke zur Länge grösser ist als  $\frac{1}{20}$  (Reuleaux, Constructeur), nie eine Verbiegung eintreten kann.

Die grösste Beanspruchung auf Zug mit 225 Ctr. per 1  $\square$  Zoll überschreitet bei gewöhnlichem Material schon die Elasticitätsgrenze; bei der angewendeten vorzüglichen Eisensorte aber ist der Sicherheits-Coefficient

$$= \frac{570}{225} = 2,53$$

wenn anders die abgeführten Festigkeitsversuche Vertrauen verdienen.

Alles Vorhergehende wurde in der Voraussetzung entwickelt, dass die Aufhängepunkte der Ketten vollkommen unverrückbar seien. Diess ist jedoch strenge genommen nicht der Fall, und wie klein auch die Verrückungen sein mögen, so äussern sie doch, wie man sehen wird, einen bemerkenswerthen Einfluss auf die Form des Trägers und auf die darin herrschenden Spannungsverhältnisse, den wir untersuchen wollen.

Sobald ein Zug die Brücke betritt, entsteht in den Gliedern an den Aufhängestellen eine Spannungszunahme, welche sich auf die Spannketten fortpflanzt und eine Hebung oder Senkung derselben veranlasst. Diese Hebungen sind bei der unteren und der oberen Spannkette nicht gleich; man hat sogar beobachtet, dass in manchen Fällen bei ersterer eine Senkung, bei letzterer eine Hebung eintritt. Daraus kann unmittelbar der Schluss gezogen werden, dass, trotz der Beweglichkeit des Kettenwagens, die Ketten auf demselben manchmal schleifen: ein wichtiges Resultat, das aber die Rechnung noch mehr complicirt.

Die so entstehenden, im Allgemeinen ungleichen Verrückungen der Aufhängepunkte der beiden Tragketten bewirken neue, positive oder negative Spannungszunahmen im Trä-

ger; und auf diese Art hängt der Zustand der Spannketten von dem der Tragketten, und umgekehrt, dieser theilweise von jenem ab.

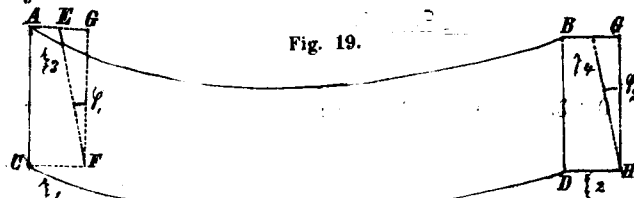


Fig. 19.

Es seien

$$\xi_1 \text{ und } \xi_2, \quad \xi_3 \text{ und } \xi_4$$

die resp. Verrückungen bei der unteren und oberen Kette. Die Verbindungslinien zweier solcher Punkte, die sich ursprünglich in einer Verticalen befanden, sind nach der Verrückung dieser Punkte gegen die Letztere beziehungsweise um die kleinen Winkel

$$\varphi_1 = \frac{\xi_1 - \xi_3}{h}, \text{ und } \varphi_2 = \frac{\xi_2 - \xi_4}{h}$$

geneigt. Demzufolge erfahren die Neigungswinkel der Tangenten an die beiden Kettencurven in den Aufhängepunkten Zunahmen im positiven Sinne, die gleich sind den Grössen  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$ .

Die für die untere Kettencurve geltenden Formeln 44, 45, 46 übergehen dann mit Anwendung der Formeln 29, 30 in:

$$\delta\varphi = \int_{-s}^x d\tau + \varphi_1 \dots \dots \dots (105)$$

$$\delta x = \int_{-s}^x y \cdot d\tau - y \int_{-s}^x d\tau + \int_{-s}^x d\tau + \xi_1 + \left(\frac{s^2}{p} - \frac{x^2}{p}\right) \varphi_1 \dots \dots (106)$$

$$\delta y = - \int_{-s}^x x \cdot d\tau + x \int_{-s}^x d\tau + (x + s) \varphi_1 \dots \dots \dots (107)$$

oder in:

$$\delta\varphi = \int_{-s}^x d\tau + \varphi_1 \dots \dots \dots (108)$$

$$\delta x = \int_{-s}^x y \cdot d\tau - y \cdot \delta\varphi + \int_{-s}^x d\tau + \xi_1 + \frac{s^2}{p} \cdot \varphi_1 \dots \dots (109)$$

$$\delta y = - \int_{-s}^x x \cdot d\tau + x \cdot \delta\varphi + s \varphi_1 \dots \dots \dots (110)$$

Setzt man

$$\xi_1 = -\sigma_1, \quad \xi_2 = \sigma_2, \quad \xi_3 = -\sigma_3, \quad \xi_4 = -\sigma_4$$

wo  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$  positiv zu nehmen sind, wenn sie einer Zunahme der Trägerspannweite entsprechen, so erhält man weiter, analog den Formeln 61, 62, 63,

$$\delta\varphi = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{h} + \frac{2b}{Efh \sin 2\omega} (\dots) - \frac{1}{EFbh \sin \omega} (\dots) \quad (111)$$

$$\delta x = -\sigma_1 + \frac{s^2}{p} \left(\frac{\sigma_3 - \sigma_1}{h}\right) - \frac{h}{2} \left(\frac{\sigma_3 - \sigma_1}{h}\right) + \delta\varphi \left(\frac{h}{2} - \frac{x^2}{p}\right) + \frac{uh}{2EFb \sin \omega} (\dots) - \frac{1}{EFbhp \sin \omega} (\dots) + \frac{2b}{Efh p \sin 2\omega} (\dots) \dots \dots (112)$$

$$\delta y = s \left(\frac{\sigma_3 - \sigma_1}{h}\right) - \frac{2b}{Efh \sin 2\omega} (\dots) + \frac{1}{EFbh \sin \omega} (\dots) + x \cdot \delta\varphi \dots \dots \dots (113)$$

Wendet man diese Formeln auf den zweiten Aufhängepunkt an, wo die Grössen  $\delta\varphi$ ,  $\delta x$ ,  $\delta y$  bekannt, nämlich beziehungsweise

$$\varphi_2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_4}{h}, \alpha_2 \text{ und } 0 \text{ sind,}$$

$$0,4 \delta u (0,000309 k + 0,1554 h + 0,672) - 4,0533 \delta v - 0,12431 h \delta w = \frac{EFb \sin \omega}{s^2} (\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_3 - \alpha_4) \dots (114)$$

$$1,3653 \delta v = \frac{EFb \sin \omega}{s^2} (\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 + \alpha_4) \dots (115)$$

$$0,4 \delta u (0,000103 k + 0,05234 h + 0,13562 - 0,0238 h^*) - 1,3653 \delta v - 0,04187 h \delta w = \frac{EFbhp \sin \omega}{s^2} [3,76 (\alpha_1 + \alpha_2) - 2,76 (\alpha_3 + \alpha_4)] \dots (116)$$

oder

$$0,3376 \delta u - 4,0533 \delta v - 0,1243 \delta w = 0,03067 FE \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_3 - \alpha_4}{s} \right) \dots (117)$$

$$\delta v = 0,02247 EF \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 + \alpha_4}{s} \right) \dots (118)$$

$$0,0678 \delta u - 1,3653 \delta v - 0,04187 \delta w = 0,00940 EF \left( \frac{3,76 (\alpha_1 + \alpha_2) - 2,76 (\alpha_3 + \alpha_4)}{s} \right) \dots (119)$$

und daraus

$$0,046 \delta u = EF \left( -0,02228 \frac{\alpha_1}{s} - 0,02233 \frac{\alpha_2}{s} + 0,01288 \frac{\alpha_3}{s} + 0,01293 \frac{\alpha_4}{s} \right) \dots (120)$$

$$\delta v = 0,02247 EF \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 + \alpha_4}{s} \right) \dots (121)$$

$$0,08421 \delta w = EF \left( -0,19354 \frac{\alpha_1}{s} - 0,07021 \frac{\alpha_2}{s} + 0,14673 \frac{\alpha_3}{s} + 0,02340 \frac{\alpha_4}{s} \right) \dots (122)$$

Mittelst der Grössen  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  lassen sich also  $\delta u, \delta v$  und  $\delta w$ , und folglich mittelst der Formeln 89, 90, welche in die nachstehenden übergehen:

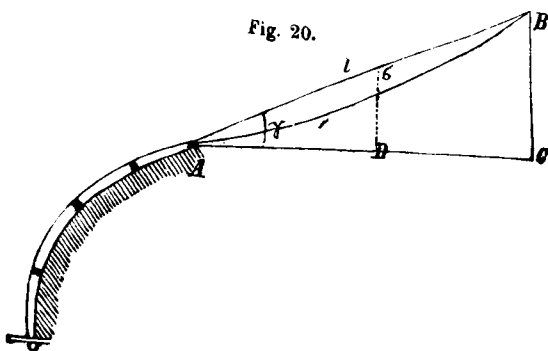
$$\delta H'_x = [\delta w + 32,6 \delta v (1 - x) - 3,261 \delta u (1 - x^2)] \dots (123)$$

$$\delta H_x = \delta u - \delta H'_x \dots (124)$$

$$\delta \mathcal{A}_x = -\delta B_x = 1,605 (\delta v - 0,2 \delta u \cdot x) \dots (125)$$

auch die Zunahmen aller Gliederspannungen berechnen. Auch die Inanspruchnahme der Spannketten kann als Function dieser Grössen dargestellt werden. Die Bedingungen für das Gleichgewicht an den beiden Kettenwagen, worin die Zug- und Tragkettenspannungen vorkommen, liefern dann die zur Bestimmung von  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  und  $\alpha_4$  nöthigen vier Gleichungen.

Indem wir uns jetzt zur Berechnung der Inanspruchnahme der Spannketten wenden, nehmen wir der Einfachheit wegen an, dass die Verbindungslinie der beiden Endpunkte einer Spannkette gleich und parallel sei mit jener, welche der anderen Kette entspricht, was auch in der Wirklichkeit sehr nahe zutrifft.



Es sei

$l$  die Länge,

$\gamma$  der Steigungswinkel der Verbindungslinie;

$l_1$  die Länge,

$q$  das Gewicht der Kette pr. Längeneinheit,

so erhält man drei Gleichungen, welche die von  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  abhängigen Theile von  $u, v$  und  $w$  (wenn man zuvor die Glieder mit  $g$  weglässt), die wir mit  $\delta u, \delta v$  und  $\delta w$  bezeichnen wollen, bestimmen, nämlich

$T$  die Spannung in irgend einem Punkte,

$ds$  das Bogenelement,

$A$  der Coordinaten-Ursprung,  $AC$  die Abscissen-Axe,

$B$  der Aufhängepunkt,

so hat man zur Bestimmung der Gestalt der Kette bekanntlich folgende Gleichungen:

$$d \left( T \frac{dx}{ds} \right) = 0 \dots (126)$$

$$d \left( T \frac{dy}{ds} \right) + q \cdot ds = 0, \dots (127)$$

deren Integrale sind:

$$T \frac{dx}{ds} = C_1 \dots (128)$$

$$T \frac{dy}{ds} + qs = C_2 \dots (129)$$

Da die Einsenkung der Spannketten sehr klein ist, so kann man bei einer ersten Näherung setzen:

$$x = s \cos \gamma, \quad dx = ds \cos \gamma,$$

daher

$$T = \frac{C_1}{\cos \gamma}, \quad \text{und damit} \dots (130)$$

$$C_1 \cdot \frac{dy}{dx} + \frac{qx}{\cos \gamma} = C_2; \dots (131)$$

daraus durch Integration:

$$C_1 \cdot y = C_2 x - \frac{qx^2}{2 \cos \gamma} + C_3;$$

aber für  $x = 0$  ist  $y = 0$ , daher:

$$C_3 = 0, \text{ ferner:}$$

für  $x = D$  (horiz. Entfernung der Endpunkte):  $y = D \tan \gamma$ , daher:



$$C_1 \cdot D \cdot \operatorname{tg} \gamma = C_2 \cdot D - \frac{q \cdot D^2}{2 \cdot \cos \gamma}$$

$$C_2 = \frac{2 C_1 \cdot \sin \gamma + q \cdot D}{2 \cos \gamma};$$

für  $x = \frac{D}{2}$  folgt dann

$$y\left(\frac{D}{2}\right) = \frac{C_2 \cdot D}{2 C_1} - \frac{q \cdot D^2}{8 C_1 \cdot \cos \gamma};$$

$$\sigma = \frac{C_2 \cdot D}{2 C_1} - \frac{q \cdot D^2}{8 C_1 \cdot \cos \gamma} - \frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma = \frac{D}{2} \left( \frac{4 C_1 \sin \gamma + 2 q D}{4 C_1 \cdot \cos \gamma} - \frac{q D}{4 C_1 \cos \gamma} - \frac{4 C_1 \sin \gamma}{4 C_1 \cos \gamma} \right), \text{ d. i.:}$$

$$\sigma = \frac{q \cdot D^2}{8 \cos \gamma \cdot C_1} \dots \dots \dots (132)$$

Die Gleichung (131) wird durch den gefundenen Werth von  $C_2$ :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2 C_1 \sin \gamma + q \cdot D}{2 C_1 \cdot \cos \gamma} - \frac{qx}{C_1 \cdot \cos \gamma} = \operatorname{tg} \gamma \left( 1 + \frac{qD - 2qx}{2 C_1 \cdot \sin \gamma} \right)$$

$$ds = dx \sqrt{1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2} = dx \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \left( 1 + \frac{qD - 2qx}{2 C_1 \cdot \sin \gamma} \right)^2}, \text{ oder}$$

$$ds = dx \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2 \gamma) + \operatorname{tg}^2 \gamma \left( \frac{q(D - 2x)}{C_1 \cdot \sin \gamma} + \frac{q^2(D - 2x)^2}{4 C_1^2 \sin^2 \gamma} \right)} = \frac{dx}{\cos \gamma} \sqrt{1 + \frac{q(D - 2x) \sin \gamma}{C_1} + \frac{q^2(D - 2x)^2}{4 C_1^2}}$$

Da die Kette äusserst wenig von der geraden Linie abweicht, so ist  $\frac{dy}{dx}$  sehr nahe gleich  $\operatorname{tg} \gamma$ , und daher der Ausdruck  $\frac{q(D - 2x)}{2 C_1 \cdot \sin \gamma}$  eine sehr kleine Grösse. Bei der Entwicklung der obigen Wurzelgrösse nach dem Binomialsatz beschränken wir uns deshalb nur auf die zweite Potenz der Grösse  $(D - 2x)$ , und erhalten so:

$$ds = \frac{dx}{\cos \gamma} \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{q(D - 2x) \sin \gamma}{C_1} + \frac{q^2(D - 2x)^2}{4 C_1^2} \right) - \frac{1}{8} \cdot \frac{q^2(D - 2x)^2 \sin^2 \gamma}{C_1^2} \right] =$$

$$= \frac{dx}{\cos \gamma} \left( 1 + \frac{q(D - 2x) \sin \gamma}{2 C_1} + \frac{q^2(D - 2x)^2}{8 C_1^2} \cos \gamma \right).$$

Integriert man zwischen den Grenzen  $x = 0$  und  $x = D$ , so kommt

$$l_1 = \frac{1}{\cos \gamma} \left( D + \frac{q^2 \cos^2 \gamma \cdot D^3}{24 \cdot C_1^2} \right);$$

und wenn man den Unterschied  $l_1 - l$  mit  $\lambda$  bezeichnet,

$$\lambda = \frac{q^2 \cos^2 \gamma \cdot D^3}{24 \cdot C_1^2} = \frac{q^2 \cos^2 \gamma \cdot l^3}{24 \cdot C_1^2} \dots \dots \dots (133)$$

Diese Gleichung und die früher gefundene (132) oder:

$$\sigma = \frac{q \cdot \cos \gamma \cdot l^3}{8 C_1^2}; \dots \dots \dots (134)$$

oder statt dieser die aus beiden resultirende,

$$\lambda = \frac{8 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sigma^2}{3 l}, \dots \dots \dots (135)$$

enthalten alles Nöthige zur Lösung der vorliegenden Aufgabe.

Der Entwicklung zufolge bedeutet  $C_1$  die horizont. Componente  $\left( T \cdot \frac{dx}{ds} \right)$  der Kettenspannung; sie ist also überall dieselbe.

Bewege sich nun der Kettenwagen um die Länge  $\xi$  gegen die Brückenmitte hin, so übergeht

$$C_1 \text{ in } C_1 + \delta C_1,$$

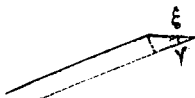
$$\lambda \text{ in } \lambda + \delta \lambda,$$

$$\sigma \text{ in } \sigma + \delta \sigma.$$

Der Zunahme der Spannung um  $\frac{\delta C_1}{\cos \gamma}$  entspricht eine Zunahme der Kettenlänge um

$$\frac{\delta C_1}{\cos \gamma} \cdot \frac{l}{EF};$$

da nun die Länge der Sehne (Verbindungsline der Endpunkte) gleichzeitig um  $\xi \cdot \cos \gamma$  zugenommen hat, so ist die Zunahme des Unterschiedes zwischen der Bogen- und Sehnenslänge



die derselben Abscisse entsprechende Ordinate der Verbindungslinie ist aber

$$\frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma;$$

daher der Unterschied beider, die verticale Einsenkung der Spannkette in der Mitte:

$$\delta \lambda = \frac{\delta C_1 \cdot l}{\cos \gamma \cdot EF} - \xi \cdot \cos \gamma \dots \dots \dots (136)$$

Verändert man auch in den Gleichungen 33, 34  $C_1$  in  $\lambda$ ,  $\sigma$  (die Aenderungen von  $\gamma$  und  $l$  sind von keinem Belang), so erhält man zur Bestimmung von  $\delta C_1$  und  $\delta \sigma$  die Gleichungen:

$$\frac{l \cdot \delta C_1}{\cos \gamma \cdot EF} - \frac{\xi}{\cos \gamma} = \frac{q^2 \cos^2 \gamma \cdot l^3}{24 \cdot C_1^2} \left( \frac{1}{\left( 1 + \frac{\delta C_1}{C_1} \right)^2} - 1 \right) =$$

$$= \frac{8 \cos^2 \gamma \cdot \sigma^2}{3 l} \left( \frac{1}{\left( 1 + \frac{\delta C_1}{C_1} \right)^2} - 1 \right) \dots \dots \dots (137)$$

$$\delta \sigma = \frac{q \cdot \cos \gamma \cdot l^2}{8 C_1^2} \left( \frac{1}{1 + \frac{\delta C_1}{C_1}} - 1 \right) = \sigma \left( \frac{1}{1 + \frac{\delta C_1}{C_1}} - 1 \right) \dots \dots \dots (138)$$

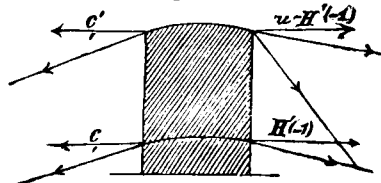
NB. (In dem Ausdrucke für die Dehnung der Kette:

$$\frac{l \cdot \delta C_1}{\cos \gamma \cdot EF},$$

ist für  $l$  nicht die Länge der Sehne mit 71', sondern eine grössere Länge von circa 100' zu nehmen, da die Kette sich über einen Viertelkreis von Mauerwerk schlingt und tief hinabreicht.)

In den letzten zwei Gleichungen beziehen sich  $\sigma$  und  $C_1$  auf den unbelasteten Zustand des Trägers, und gelten etwa für die untere Spannkette; für die obere Kette sollen die entsprechenden Grössen  $\sigma'$  und  $C_1'$  heissen. Dann muss für das Gleichgewicht des Kettenwagens die Beziehung stattfinden:

Fig. 21.



$$C_1 + C_1' = u = \frac{gp}{2} = \frac{gs}{2} \cdot \frac{p}{s} = 5gs,$$

$$\text{wo } gs = \frac{6260}{4} = 1565 \text{ Ctr. ist.}$$

Ist ausserdem das Verhältniss der Einsenkungen  $\frac{\sigma}{\sigma'}$  gegeben, so findet man  $C_1$  und  $C_1'$ ; und hat man die jeweiligen Einsenkungen  $\delta\sigma$  und  $\delta\sigma'$  beobachtet, so geben die Gleichungen 137, 138 umgekehrt

$$\left(\frac{\delta C_1}{C_1}\right) = -\frac{\delta\sigma}{\sigma + \delta\sigma} \quad (139)$$

und

$$\xi = \frac{l \cdot C_1}{EF} \cdot \left(\frac{\delta C_1}{C_1}\right) + \frac{8 \cos \gamma \cdot \sigma^2}{3l} \left(1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{\delta C_1}{C_1}\right)^2}\right) \quad (140)$$

wobei  $\delta\sigma$  positiv oder negativ zu nehmen ist, je nachdem eine Senkung oder Hebung der Kette vor sich geht. Vollkommen analoge Gleichungen zwischen den Grössen  $C_1', \sigma'; C_2, \sigma''; C_3, \sigma'''; \xi', \xi'', \xi'''$  gelten für die übrigen drei Spannketten.

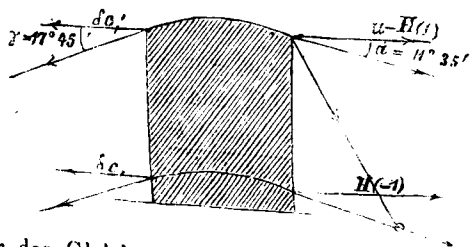
Bezeichnet man mit

$H'_{(-1)}$  und  $H'_{(+1)}$  die Horizontal-Componenten der Spannungen in den Endgliedern der unteren Tragkette,

$\gamma = 17^\circ 45' = \arccos 0,9524$  den mittleren Abfallswinkel der Spannketten,

$\alpha = 11^\circ 35' = \arccos 0,9796$  jenen der Tragketten,

Fig. 22.



so ist für das Gleichgewicht der beiden Tragsättel zunächst erforderlich, dass

$$\delta C_1 + \delta C_1' = (u - H'_{(-1)}) + H'_{(-1)} = u \quad (141)$$

und

$$\delta C_2 + \delta C_2' = (u - H'_{(+1)}) + H'_{(+1)} = u \quad (142)$$

daher

$$\delta C_1 + \delta C_1' = \delta C_2 + \delta C_2',$$

oder

$$\frac{\delta C_1}{C_1} + \frac{C_1'}{C_1} \cdot \frac{\delta C_1'}{C_1'} = \frac{\delta C_2}{C_2} + \frac{C_2'}{C_2} \cdot \frac{\delta C_2'}{C_2'},$$

oder, da  $C_1, C_2, C_1'$  und  $C_2'$  mit  $\sigma, \sigma'', \sigma', \sigma'''$  durch die Gleichung 134 zusammenhängen,

$$\left(\frac{\delta C_1}{C_1}\right) + \left(\frac{\sigma}{\sigma'}\right) \cdot \left(\frac{\delta C_1'}{C_1'}\right) = \left(\frac{\delta C_2}{C_2}\right) + \left(\frac{\sigma}{\sigma''}\right) \cdot \left(\frac{\delta C_2'}{C_2'}\right) \text{ sei.} \quad (143)$$

Ausserdem muss noch ausgedrückt werden, dass jede Tragkette mit der zugehörigen Spannkette für sich im Gleich-

gewichte stehe, wobei der Einfluss der Reibung der Glieder auf den Sätteln zu beachten ist. Darin liegt jedoch eine Hauptschwierigkeit. Es bleibt nämlich *a priori* unbestimmt, ob die Kette über dem Wagen gleitet. Findet dies nicht Statt, so können die Spannungen zu beiden Seiten des Wagens zwischen gewissen Grenzen eine beliebige Grösse haben.

Es sei  $e$  die Grundzahl der natürlichen Logarithmen

$\mu = 17^\circ 45' + 11^\circ 35' = 29^\circ 20' = 0,512$ , der von den Ketten umspannte Bogen,

$\rho = \frac{1}{4}$  der Reibungs-Coefficient von Schmiedeeisen auf Gusseisen,

so sind die Bedingungen

$$\frac{\delta C_1}{\cos \gamma} \begin{cases} < \frac{H'_{(-1)}}{\cos \alpha} \cdot e^{\rho \mu} \\ = \\ > \frac{H'_{(-1)}}{\cos \alpha} \cdot e^{-\rho \mu} \end{cases} \quad (144)$$

und

$$\frac{\delta C_1'}{\cos \gamma} \begin{cases} > \frac{H_{(-1)}}{\cos \alpha} \cdot e^{-\rho \mu} \\ = \\ < \frac{H_{(-1)}}{\cos \alpha} \cdot e^{\rho \mu} \end{cases} \quad (145)$$

mit dem Gleichgewichte des Kettenwagens verträglich. Aehnliche Bedingungen entsprechen dem zweiten Aufhängepunkte. Nach Einsetzung der numerischen Werthe können dieselben auch geschrieben werden:

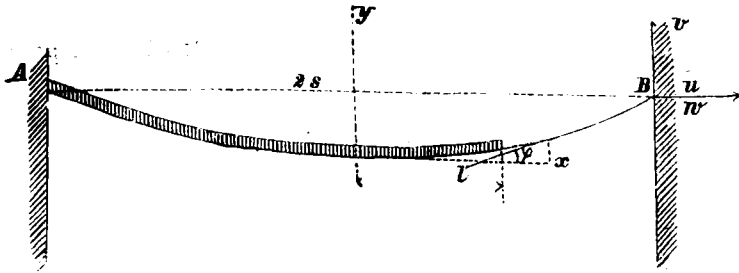
$$H'_{(-1)} \begin{cases} \geq \\ \leq \end{cases} \delta C_1 \times \begin{cases} 0,944 \\ 1,120 \end{cases} \quad (146)$$

$$H_{(-1)} \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} \delta C_1' \times \begin{cases} 1,120 \\ 0,944 \end{cases} \text{ etc.} \quad (147)$$

Die Grössen in diesen Ungleichungen sind, wie entwickelt wurde, Functionen der Verschiebungen  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ , oder von  $-\xi, -\xi', -\xi''$  und  $-\xi'''$ ; diese letzteren könnten auf rein theoretischem Wege nur aus den obenstehenden Bedingungen 146 und 147 gefunden werden, was, wie man leicht einsieht, unthunlich ist, sobald nicht die Gewissheit des stattgefundenen Gleitens vorliegt, wo dann die Gleichheitszeichen an die Stelle der Zeichen  $>$  und  $<$  treten müssen. Dies und der Umstand, dass  $\delta C_1$  und  $\delta C_1'$  durch Gleichungen vom dritten Grade (137) gegeben sind, nöthigen uns, auf die streng theoretische Lösung Verzicht zu leisten, und das Gefundene mit Benützung der beobachteten Spannkettenehebungen auf die Berechnung

1. der totalen Spannungsänderungen im Träger und
2. der Niveauänderungen der Brückenbahn, wenn ein Zug dieselbe passirt, anzuwenden, und so, da letztere auch gemessen wurden, eine Verification der abgehandelten Theorie vorzunehmen.

# Anhang.



Ein flach parabolisch gekrümmter Stab ist an seinen beiden Enden, welche in einer Horizontalen liegen, eingeklemmt. Die Spannweite sei  $2s$ , die Pfeilhöhe  $t$ . Den Ursprung der Coordinaten im Scheitel der Parabel angenommen, ist deren Gleichung

$$y = \frac{x^2}{p}, \quad p = \frac{s^2}{t}, \quad \left(\frac{s}{t} = 10\right).$$

Der Stab werde von einem Endpunkte  $A$  an über die Länge  $(s + l)$  gleichförmig belastet, so dass auf die Horizontalprojection der Längeneinheit das constante Gewicht  $g$  entfällt. Der Querschnitt  $f$  des Stabes sei  $= 2F$ .

Das Trägheitsmoment des ersten in Bezug auf seine hor. Schweraxe  $T = \frac{Fh^2}{2}$ .

Im zweiten Endpunkte  $B$  werden die noch unbekannten Kräfte  $u, v$ , und das Moment  $w'$  thätig gedacht.

Nach der Theorie der Biegung krummer elastischer Stäbe hat man für die Coordinaten-Veränderungen  $\delta x$  und  $\delta y$  eines Punktes der Stabaxe, und  $\delta\varphi$ , des Neigungswinkels der Tangente gegen die Abscissenaxe an dieser Stelle, die Formeln

$$\delta x = \delta x_0 - (y - y_0) \delta\varphi_0 + \int_{x_0}^x (k dx - dy \int_{x_0}^x (k d\varphi + m ds))$$

$$\delta y = \delta y_0 + (x - x_0) \delta\varphi_0 + \int_{x_0}^x (k dy + dx \int_{x_0}^x (k d\varphi + m ds))$$

$$\delta\varphi = \delta\varphi_0 + \int_{x_0}^x (k d\varphi + m ds)$$

$$k = \frac{1}{Ef} \left( \frac{dx}{ds} \Sigma X + \frac{dy}{ds} \Sigma Y \right)$$

$$m = \frac{1}{ET} [\Sigma Y (\xi - x) - \Sigma X (\eta - y)],$$

wo  $E$  den Elasticitäts-Modul,  $ds$  das Bogendifferential der Stabaxe,  $X, Y$  die Componenten der einzelnen auf den Stab wirkenden Kräfte,  $\xi, \eta$  die Coordinaten ihrer Angriffspunkte bedeuten, und  $\delta x_0, \delta y_0, \delta\varphi_0$  sich auf das eine Ende des Stabes beziehen, welche Grössen in unserem Falle sämmtlich Null sind.

Durch partielles Integriren des Ausdruckes für  $dx$  kommt:

$$\delta x = \int_{-s}^x k dx - \left( y \int_{-s}^x (k d\varphi + m ds) \right) + \int_{-s}^x y (k d\varphi + m ds) = \int_{-s}^x k dx - y \int_{-s}^x (k d\varphi + m ds) + \int_{-s}^x y (k d\varphi + m ds).$$

Bezeichnet man  $(k d\varphi + m ds)$  mit  $d\tau$ , so ist:

$$\delta\varphi = \int_{-s}^x d\tau$$

$$\delta x = \int_{-s}^x k dx - y d\varphi + \int_{-s}^x y d\tau;$$

$$\delta y = \int_{-s}^x k d\varphi + x \delta\varphi - \int_{-s}^x x d\tau.$$

und analog

Man hat ferner:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} = \left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad \text{oder wegen Kleinheit der Neigung} = \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right] = 1 - \frac{2x^2}{p^2}$$

$$\frac{dy}{ds} = \sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{2x}{p}$$

$$d\varphi = \frac{2}{p} dx; \quad ds = \frac{dx}{\cos \varphi} = dx \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = dx \left( 1 + \frac{2x^2}{p^2} \right)$$

$$k = \frac{1}{2EF} \left[ \left( 1 - \frac{2x^2}{p^2} \right) u + \frac{2x}{p} \left( \int_{-s}^x -g dx + v \right) \right] = \frac{1}{2EF} \left[ u \left( 1 - \frac{2x^2}{p^2} \right) + [v - g(l - x)] \frac{2x}{p} \right]$$

$$m = \frac{2}{EFh^3} \left[ v(s-x) - \int g \cdot d\xi (\xi - x) - u \left( \frac{s^3}{p} - \frac{x^3}{p} \right) + w' \right] = \frac{2}{EFh^3} \left[ -u \left( \frac{s^3}{p} - \frac{x^3}{p} \right) + v(s-x) - \frac{g}{2}(l-x)^2 + w' \right].$$

Für  $x > l$  verschwinden alle Glieder in  $g$ .

Wenn das  $p$  sehr gross ist, so wird es zum Zwecke einer ersten Näherung erlaubt sein, alle Glieder mit  $p^3$  in  $k$  und  $m$  zu vernachlässigen; man erhält so:

$$k = \frac{u}{2EF}; \quad m = \frac{2}{EFh^3} \left( -\frac{u}{p} (s^3 - x^3) + v(s-x) + w' - \frac{g}{2}(l-x)^2 \right)$$

$$d\tau = -\frac{dx}{EFh^3} \left[ \frac{2u}{p} (s^3 - x^3 - \frac{h^3}{2}) - 2v(l-x) - 2w' + g(l-x)^2 \right].$$

Wendet man die obigen Formeln auf den zweiten Endpunkt  $B$  an, wo  $\delta\varphi$ ,  $\delta x$  und  $\delta y$  ebenfalls Null sind, so erhält man die zur Bestimmung der Unbekannten  $u$ ,  $v$ ,  $w'$  nöthigen Gleichungen.

Sie sind

$$\delta\varphi = \frac{4u}{p} \left( s^3 - \frac{s^3}{3} - \frac{h^3}{2} \right) - 4vs^2 - 4w's + \frac{g}{3}(l+s)^3 = 0,$$

$$\delta x = 0 = \int_{-}^x k \cdot dx + \int_{-}^x y \cdot d\tau, \quad \text{oder} \quad p \int_{-}^x k \cdot dx + \int_{-}^x x^2 \cdot d\tau = 0,$$

oder

$$u \cdot sph^3 - \frac{4u}{p} \left( \frac{s^5}{3} - \frac{s^5}{5} - \frac{s^3 h^2}{6} \right) + \frac{4}{3} vs^4 + \frac{4}{3} w' \cdot s^3 - g \left( \frac{l^5}{30} + \frac{l^2 s^3}{3} + \frac{ls^4}{2} + \frac{s^5}{5} \right) = 0,$$

$$\delta y = \frac{2}{p} \int_{-}^x k \cdot x \cdot dx - \int_{-}^x x \cdot d\tau = 0,$$

oder

$$u \cdot \frac{s^3 h^2}{p} + \frac{4}{3} vs^3 + g \left( \frac{l^4}{12} - \frac{l^2 s^2}{2} - \frac{2ls^3}{3} - \frac{s^4}{4} \right) = 0.$$

Setzen wir in einem speciellen Falle

so kommt

$$l = 0, \quad p = 10s, \quad h = 0,03067s,$$

$$0,4 u \left( \frac{2}{3} s^3 - \frac{h^3}{2} \right) - 4vs^2 - 4w's + \frac{g}{s} s^3 = 0,$$

$$-0,4 u \left( \frac{2}{15} s^4 - \frac{s^3 h^2}{6} - 25s^3 h^2 \right) + \frac{4}{3} vs^4 + \frac{4}{3} w' s^3 - \frac{g}{5} s^5 = 0,$$

$$0,1 u \cdot sh^2 + \frac{4}{3} vs^3 - \frac{gs^4}{4} = 0,$$

und hieraus

$$u = 1,995gs, \quad v = 0,1875gs, \quad w' = 0,929gs \cdot h.$$

Denkt man sich den Querschnitt  $f$  bestehend aus zwei Querschnitten  $F$ , die sich in der Entfernung  $h$  von einander befinden (etwa wie bei einer Gitterbrücke) und nennt man die Horizontal-Componente der Spannung im unteren Querschnitt  $w$ , im oberen  $w_1$ , und die Summe der Kräfte die gegen das Abscheeren wirken,  $Q$ , so kann man setzen:

$$-Q \cdot \sin \varphi + w + w_1 = u = 1,995gs, \quad Q \cdot \cos \varphi + (w + w_1) \operatorname{tg} \varphi = v = 0,1875gs,$$

$$\frac{w}{\cos \varphi} \cdot \frac{h}{2} - \frac{w_1}{\cos \varphi} \cdot \frac{h}{2} = w' = 0,929gs \cdot h,$$

$$w - w_1 = 1,858gs \cdot \cos \varphi = 1,858gs \left( 1 - \frac{2s^2}{p^2} \right) = 1,821gs;$$

daraus

$$\frac{w + w_1 - 1,995gs}{0,1875gs - (w + w_1) \operatorname{tg} \varphi} = \operatorname{tg} \varphi, \quad w + w_1 = (1,995gs + 0,1875gs \operatorname{tg} \varphi) \cos \varphi = 1,951gs,$$

$$w = \frac{1,821 + 1,951}{2} gs = 1,886gs.$$

Vergleicht man die hier berechneten Grössen  $u$ ,  $v$ ,  $w$  mit jenen der vorhergehenden Theorie (Formel 94), nämlich:

$$u = 1,967gs, \quad v = 0,1885gs, \quad w = 1,836gs,$$

so kann man sich nicht verhehlen, dass ein Schnirch'scher Brückenträger, die vollkommene Unbeweglichkeit der Enden vorausgesetzt, gerade so wie ein elastischer, an beiden Enden festgeklemmter Stab von der Belastung in Anspruch genommen werde. Auch in den allgemeinen Formeln zeigt sich hier und dort eine grosse Analogie, und durch das Vorhergehende scheint diese vielfach bestrittene Analogie hinlänglich festgestellt zu sein.

Fig. 20. Pittars Brücke über den Monongahela in Amerika.  
30 Öffnungen à 200 Fuß Sp.

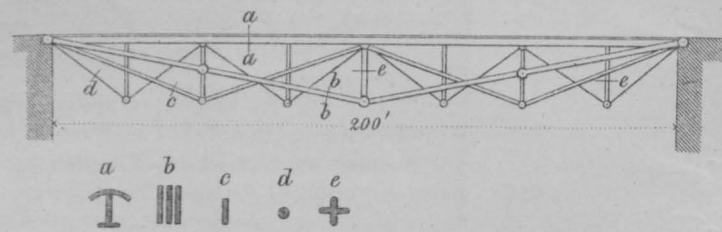


Fig. 22. Viaduct über das Thal des Luna.

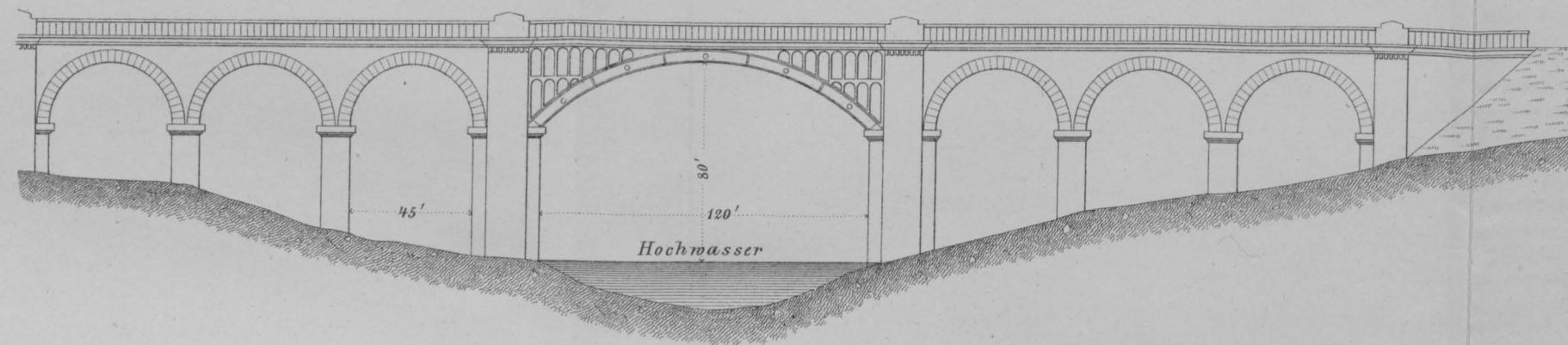


Fig. 23.

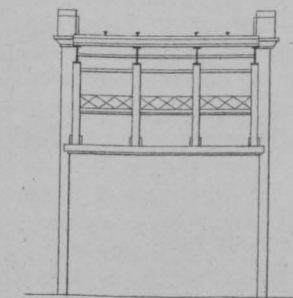


Fig. 21. Victoriabrücke über die Themse in London.

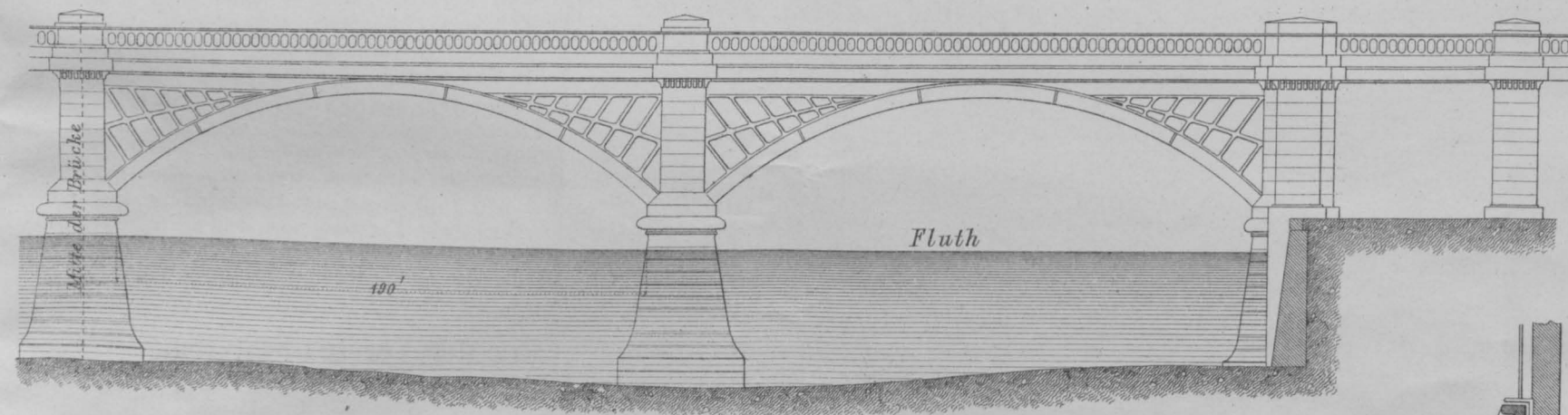


Fig. 24. Anderstan's Oberbausystem ohne Schweller.

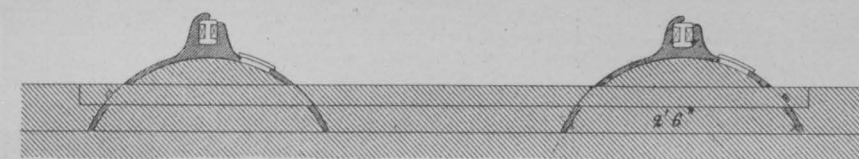
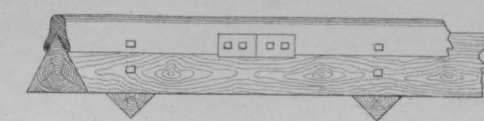


Fig. 25.



W. Seaton's Oberbausystem.

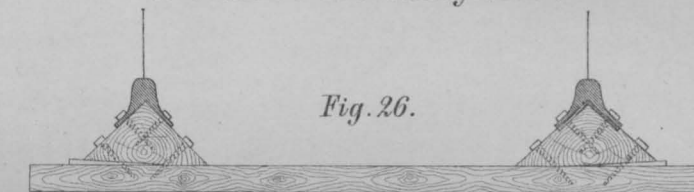
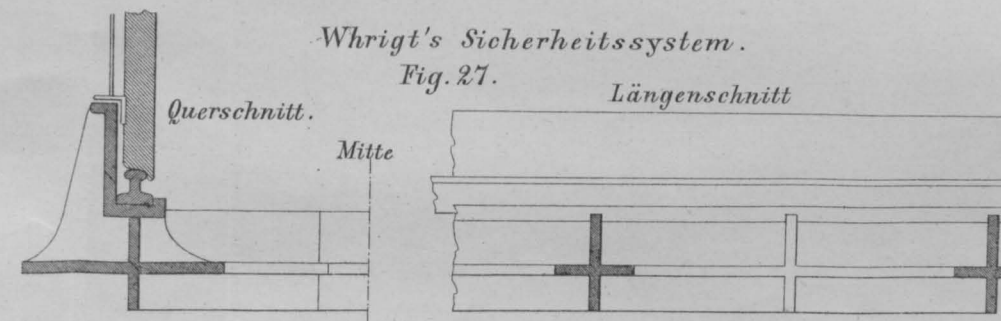


Fig. 26.

Whrigt's Sicherheitssystem.

Fig. 27.



Jones Nothbrücke für alle Waffengattungen.  
Fig. 34.

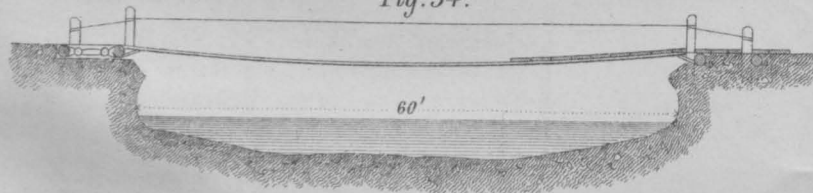


Fig. 30.

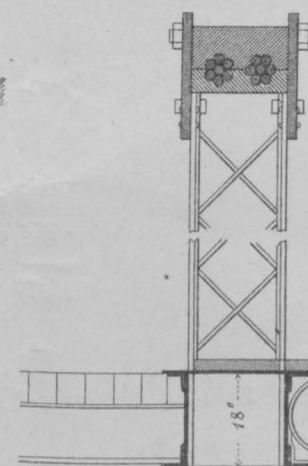


Fig. 31.

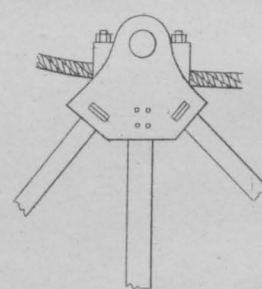
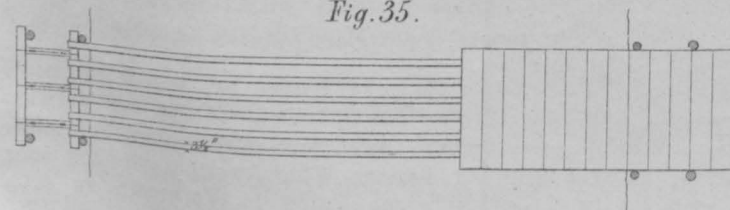


Fig. 35.



Jones Princip für Infanterie.  
Sp-30-40'

Fig. 36.

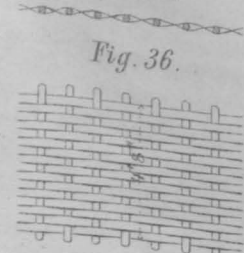
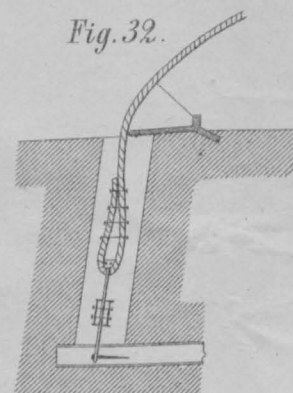


Fig. 32.



Drahtseilbrücke über die Themse in London. (Fig. 28-32.)

Fig. 28.

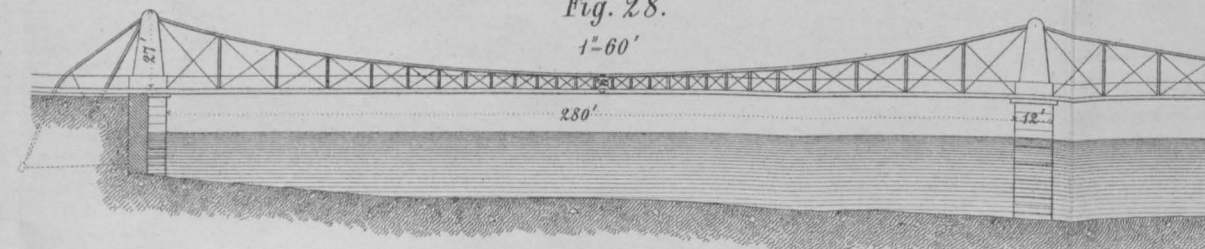


Fig. 33. Offene Gitterbrücke für 1000 Fuß.

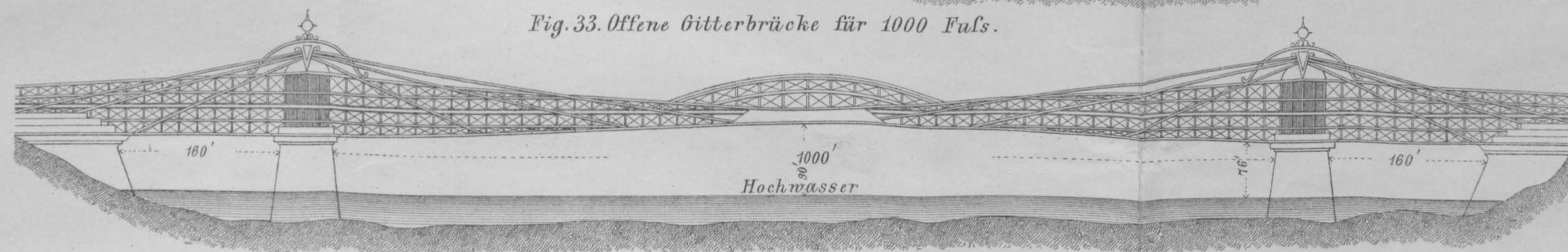
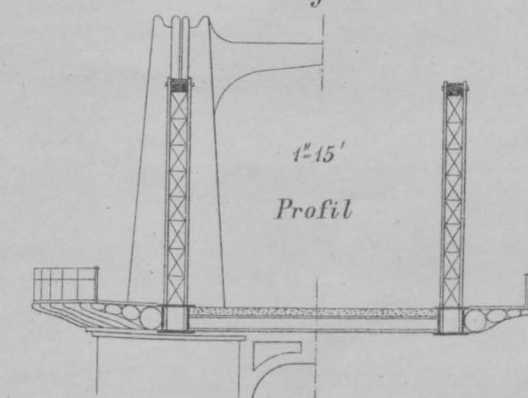


Fig. 29.



Profil



*Schwimmendes Dock von Rennie & Son.*

Fig. 37.

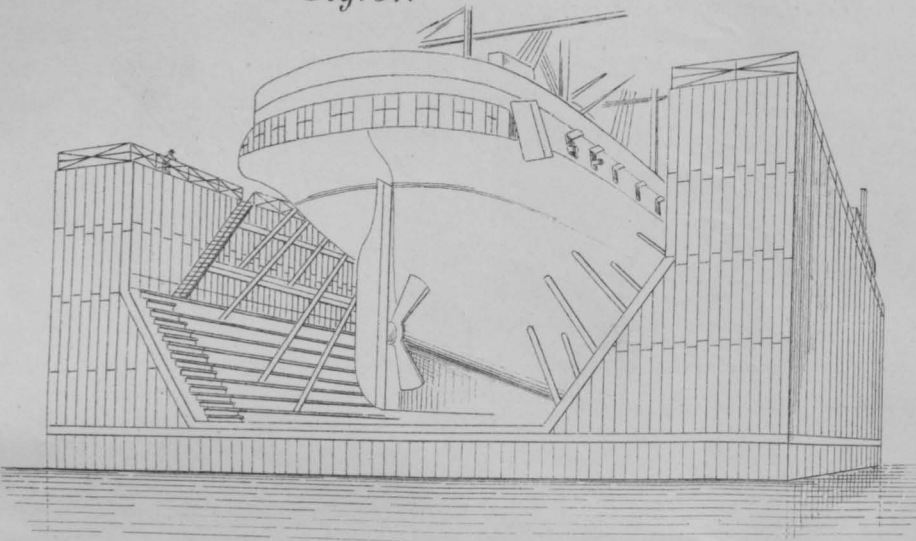


Fig. 38. Innere Construction.

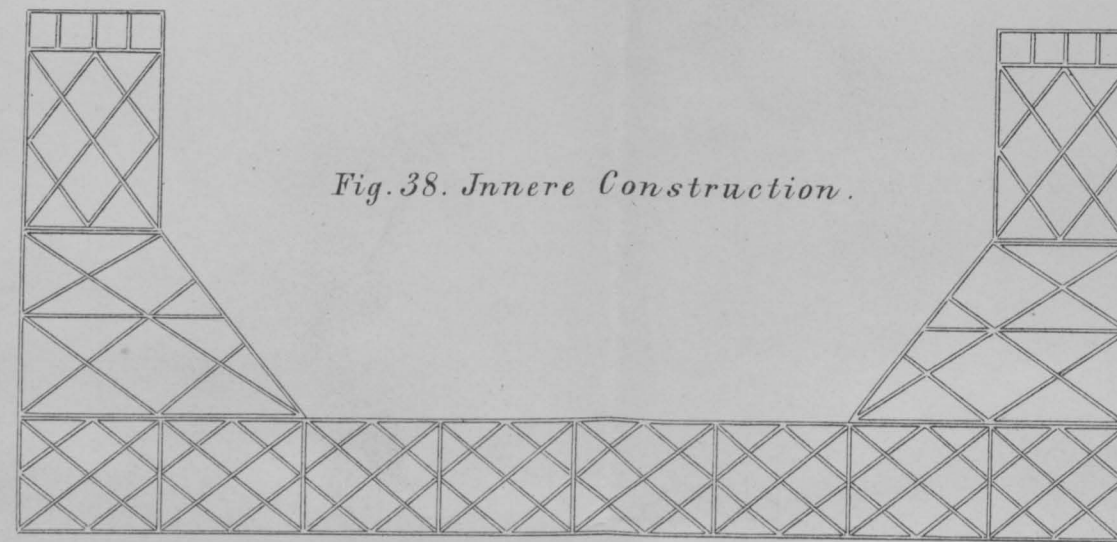


Fig. 44. Walker's Dockungs-Floß.

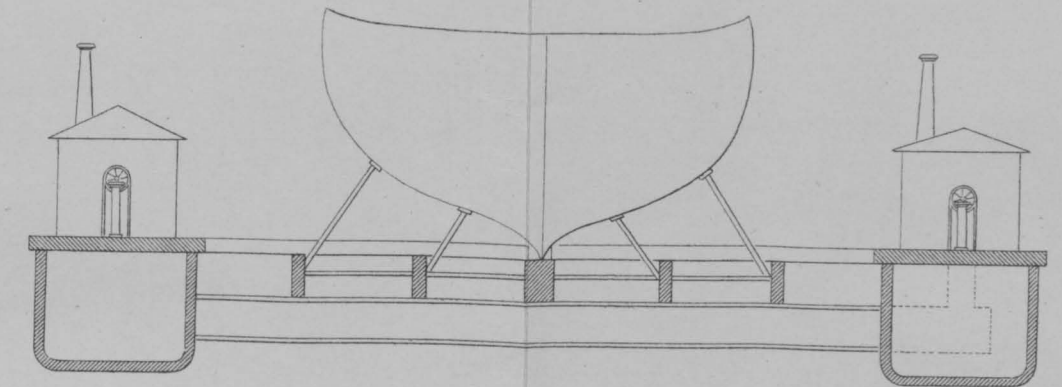


Fig. 43. Clark's Patent-Dock.

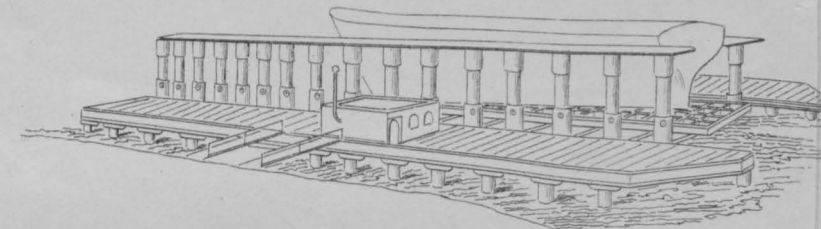
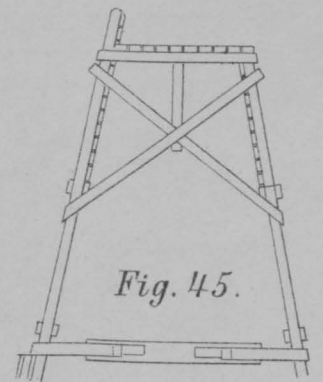


Fig. 45.



*Pile Spencer & Comp. Patent Dock.*

Fig. 39.

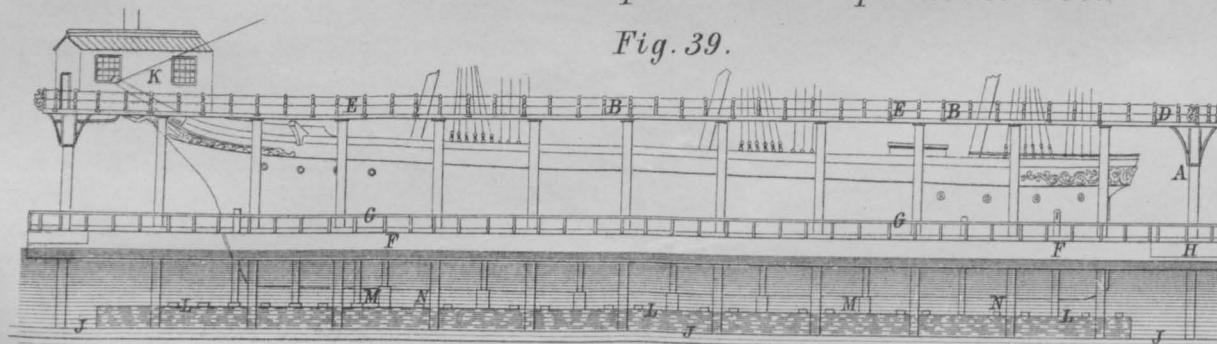


Fig. 41.

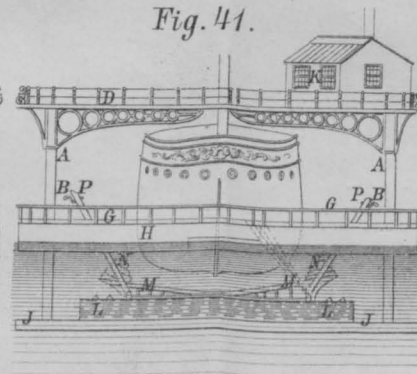


Fig. 40.

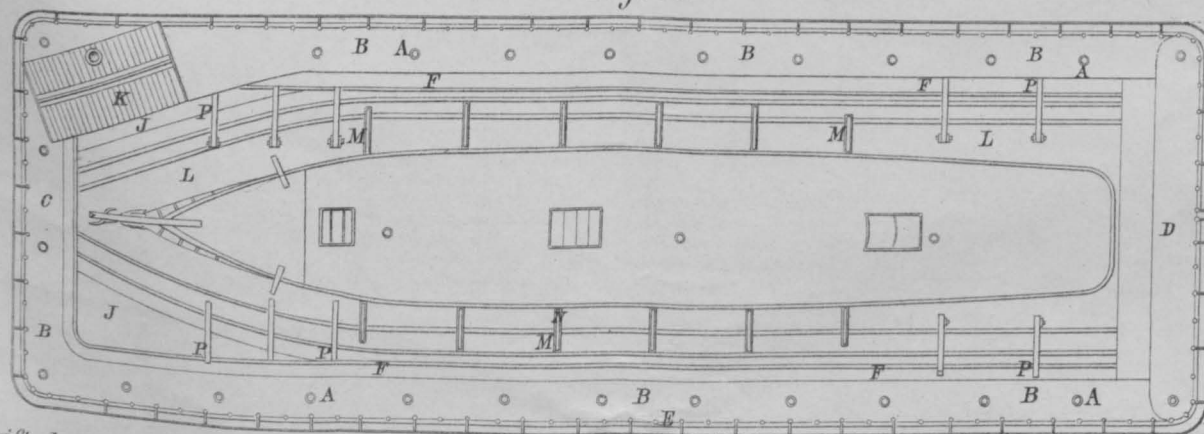


Fig. 42.

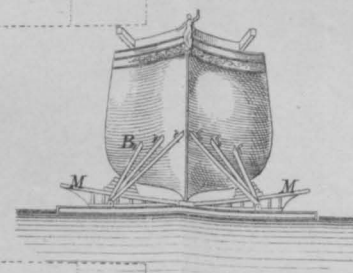


Fig. 46. Hafendammkopf

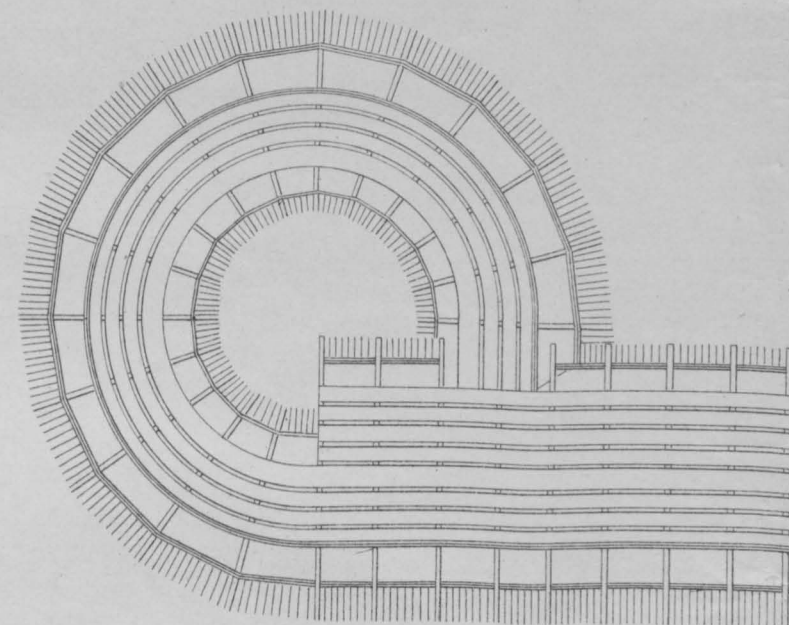
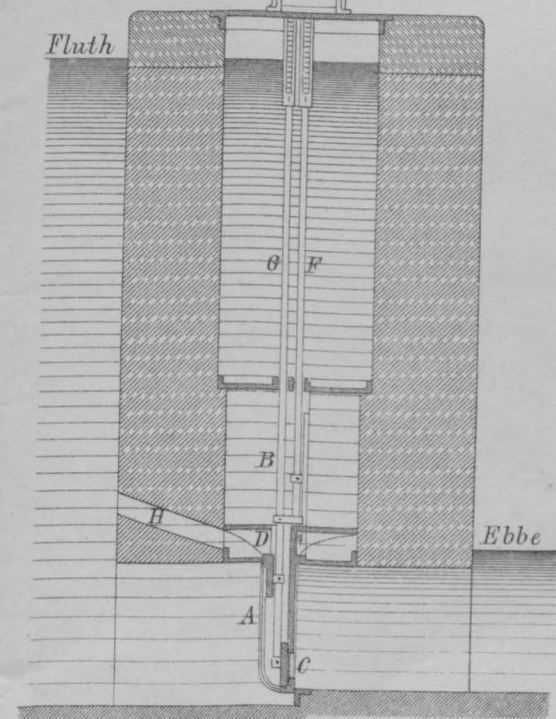
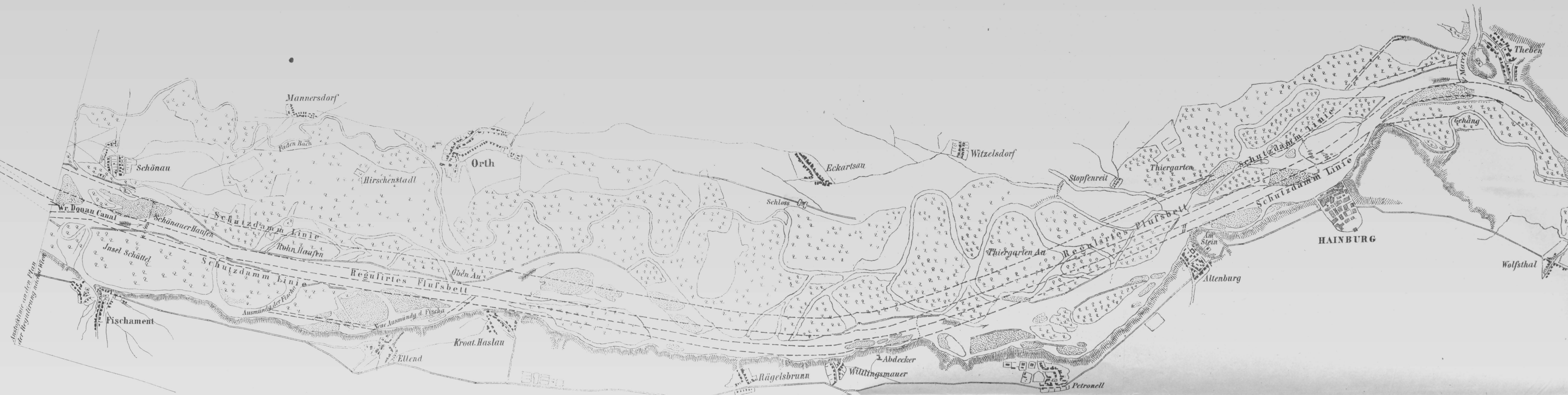


Fig. 47.

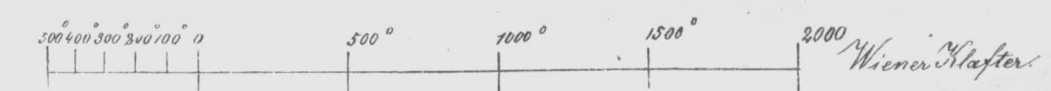
Lawrence  
Schleussen  
Patent  
Thor.



Donau-Regulirung von Fischament bis Hainburg

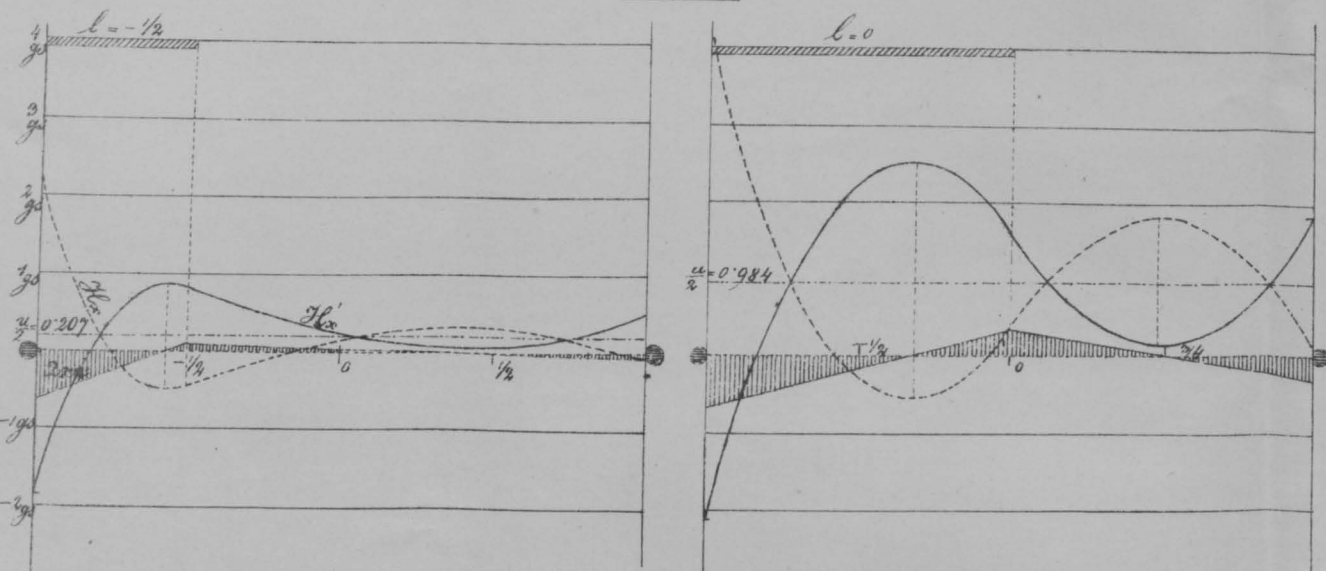


Ausführung an den Plan  
der Regulirung nach Wien

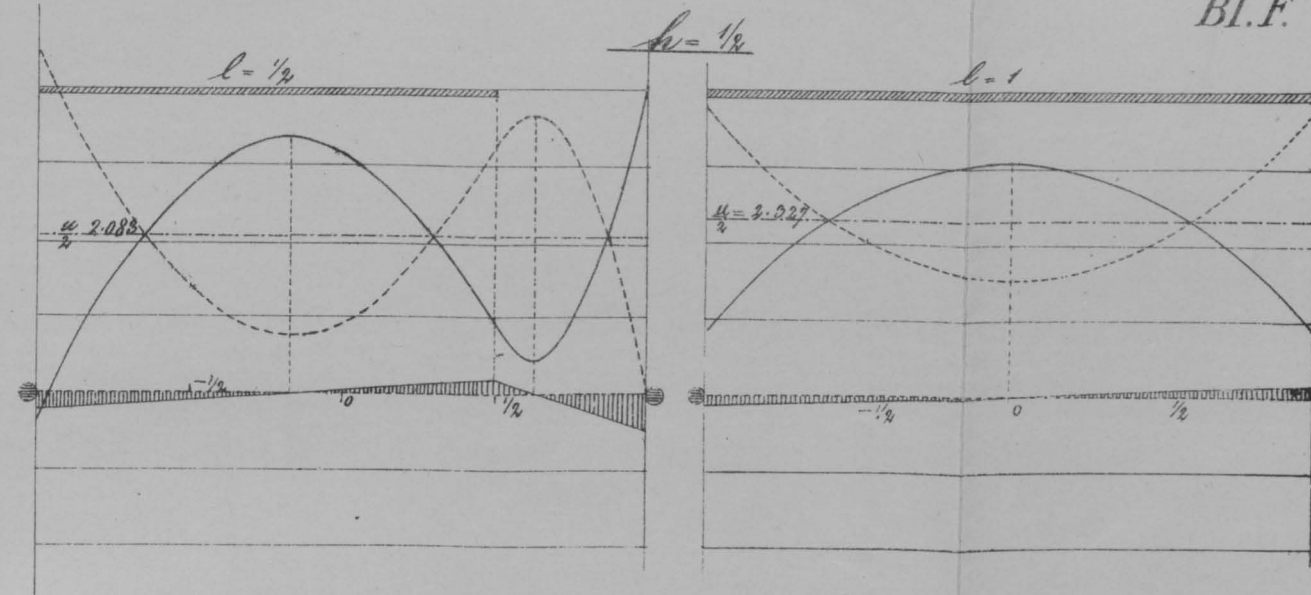




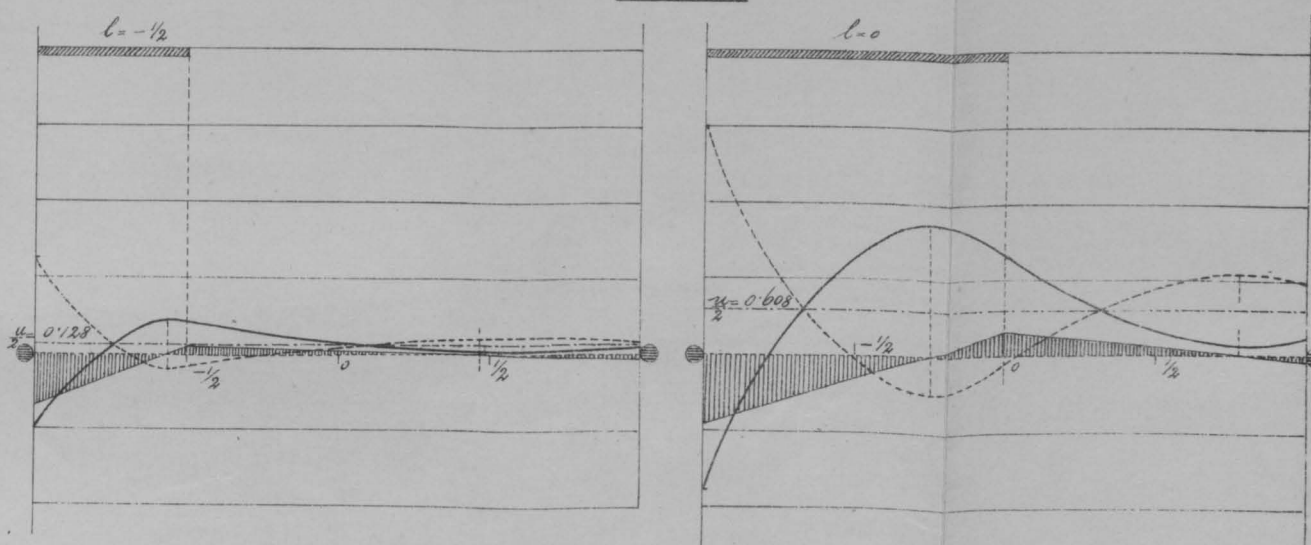
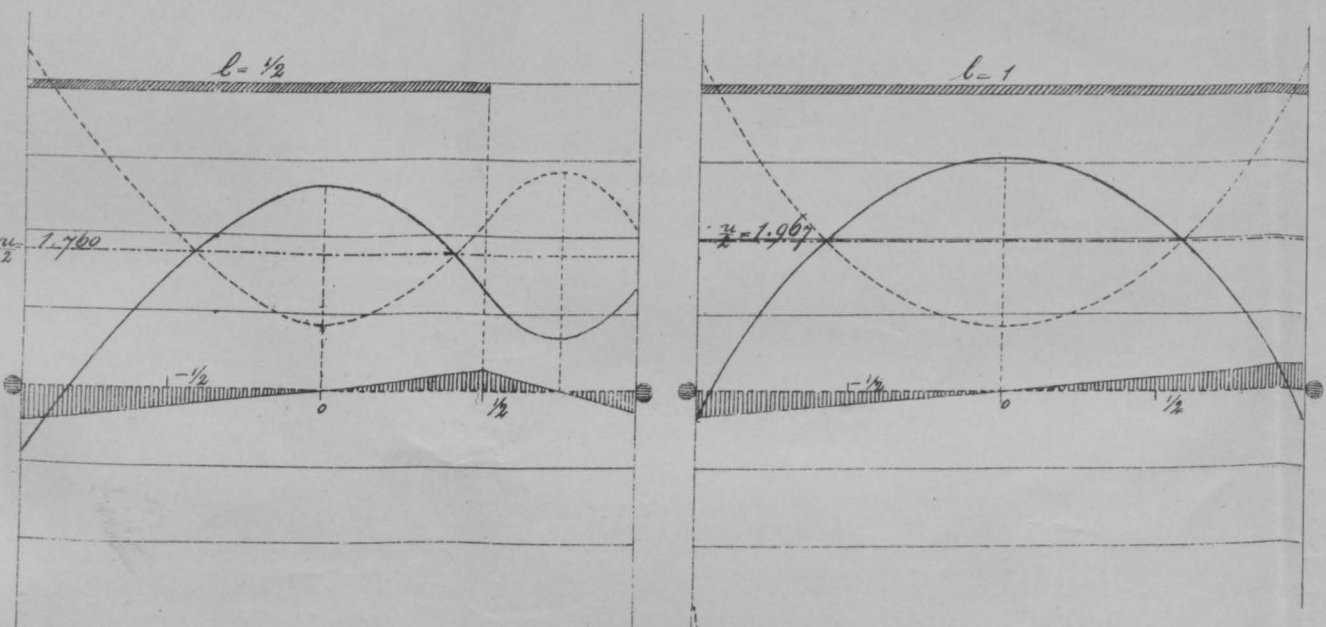
$h=1$



$h=1/2$



$h=2$



$h=1/2$

